This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

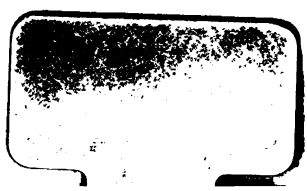
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

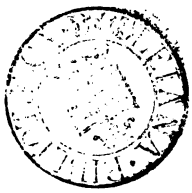
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`



Geologische Bilder.



Druck von Eduard Kretzſchmar in Leipzig.

Leipzig, Verlag von J. J. Weber.

Geologiſche Bilder.

Von

Bernhard Cotta,

Profeſſor an der Bergakademie zu Freiberg.

Dritte verbeſſerte und vermehrte Auflage.

Mit 166 in den Text gedruckten Abbildungen.

Leipzig

Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber.

1856.

188. a. 35

Das Recht der Ueberſetzung iſt vorbehalten.

Vorwort.

Die „Geologiſchen Bilder“ der Illuſtrirten Zeitung, welche von mir in Mußeſtunden für das gebildete Publikum geſchrieben worden waren, ſollen ſich ſo viele Freunde erworben haben, daß die Verlagshandlung gegen mich den Wunſch ausſprach, dieſe Aufſätze unter dem von ihr ſelbſt gewählten Titel auch ſelbſtändig herausgeben zu dürfen. Ich hatte Nichts dagegen, obwol unter gleichem Titel bereits ein treffliches Buch Burmeiſter's erſchienen iſt, und ſo mögen nun auch dieſe Bilder von recht Vielen beſchaut werden und Allen, die ſie ſehen, Vergnügen bereiten. Können ſie auch nicht, wie es in der Natur der Sache liegt, auf wiſſenſchaftliche Gründlichkeit Anſprüche machen, ſo werden ſie doch vielleicht hier und da anregend wirken und zu größerer Verbreitung nützlicher Kenntniſſe beitragen. Warnen möchte ich freilich davor, daß Jemand glaube, durch das Betrachten ſolcher Bilder ein fertiger Geolog, ein gemachter Mann auf dieſem Gebiete des Wiſſens zu werden. Das iſt nicht der Zweck, zu dem ſie entworfen oder zuſammengeſtellt wurden. Am meiſten gilt dieſe Warnung für die paar Beiſpiele von Verſteinerungen, die hier abgebildet werden konnten; es ſind Beiſpiele, die eben leicht zu erlangen waren; Niemand verſuche es, mit ihrer alleinigen Hülfe eine Formation zu beſtimmen. Der Zweck

ihrer Darstellung ist lediglich der, beispielsweise auf die besonderen Formen aufmerksam zu machen, die in der festen Erdkruste versteinert vorkommen.

Wenn der Herr Verleger für gut befunden hat, mich ebenso wie die mancherlei in diesem Buche abgebildeten versteinerten Bestien in Holz schneiden zu lassen, so hat er das ganz allein zu verantworten, und es kann mir höchstens als eine passive Verschuldung angerechnet werden, daß diese Abbildung als Titelbild zu einem geologischen Buche benutzt worden ist.

Und nun sei es mir noch erlaubt, mit wenigen Worten auf die Geschichte und Bedeutung der Geologie hinzuweisen, aus deren großem Reiche voll Thatsachen und Hypothesen in diesem kleinen Buche ein paar flüchtige Skizzen vorliegen. Was man Weltgeschichte zu nennen pflegt, ist nur der letzte und kürzeste Act der Geologie. Gewöhnlich läßt man diese da aufhören, wo jene beginnt, indem man mit dem Auftreten des Menschen die Erde als fertig betrachtet. Erst seit Lyell's Lehre von der Unveränderlichkeit der geologischen Wirkungen hat man auch die jetzigen Bildungen und Umbildungen als recht wesentlich und bedeutungsvoll in das Gebiet geologischer Betrachtung hereingezogen. So ist die Geschichte der Menschheit zum Schlußstein der Geologie geworden, wie sie, und besonders die Religionsgeschichte der meisten Völker, mit dunkeln Traditionen über die Entstehung der Erde beginnt. Diese poesiereichen Mythen sind die ältesten geologischen Lehren. Was die wenigen Naturforscher des Alterthums als in ihrem Sinne wissenschaftlich hinzufügten, war theils ganz unfruchtbare Speculation, theils nahm es eine sehr locale Färbung an, je nach der örtlichen Beschaffenheit des Vaterlandes.

Wo der Nil Jahr für Jahr Schlamm abgesetzt, da entwickelten sich rein neptunische Ansichten, am Fuß der süd-

europäischen Feuerberge vulkanische. So entstanden frühzeitig diese beiden Gegensätze der Lehre von der Entstehung der Erde, die sich lange Zeit feindlich entgegengestanden.

Das mittelalterliche Aufblühen europäischer Wissenschaft brachte der Geologie nur ebenso sonderbare als kühne Hypothesen ein; man kannte den Bau der Erde nicht und wollte ihn dennoch erklären. Spät erst, und am meisten zu Werner's Zeit, am Schluß des vorigen Jahrhunderts, fing man ernstlich an, den innern Bau der Erde zu untersuchen, und neben der Geologie, die bis dahin ein bodenloses Hypothesengebäude gewesen war, bildete sich unter der neuen Benennung Geognosie die Kenntniß vom innern Bau der Erde aus. Aber es war die Zeit des Systematisirens. Die ganze Natur sollte sich Systemen fügen, die auf verhältnißmäßig wenig beobachtete Thatsachen gestützt waren. So künstliche Gebäude konnten nicht lange bestehen. Auf ihren Trümmern hat man erkannt, daß eine ungemeine Mannigfaltigkeit von Ursachen zusammen gewirkt hat, um aus einem langen Entwickelungsproceß, der noch fortdauert, die Erde mit ihren Bewohnern so hervorgehen zu lassen, wie sie jetzt ist. Aber weit davon entfernt, daß wir schon alle die geheimen und verwickelten Fäden kennen, welche diesen Zustand bedingten, müssen wir froh sein, wenigstens einen sichern Standpunkt der Beobachtung gewonnen zu haben, welcher Wahrheit und Täuschung unterscheiden läßt, von dem aus es möglich ist, zu erkennen, was fest steht, und was nichts als eine zu prüfende Vermuthung ist. So haben wir also in der Lehre von der Bildung der Erde nacheinander zu unterscheiden: eine Zeit der Mythe, eine der Hypothese, eine der Systematisirung und eine der naturgemäßen Betrachtung. Dieser letztere empirische Standpunkt ist es, auf dem unsere Wissenschaft gegenwärtig steht.

Zu dem wissenschaftlich Interessanten hat sich auch in der Geologie wie in den übrigen Naturwissenschaften das praktisch Nützliche — die Anwendung — gesellt. Es sind nicht mehr bloße Goldkörner des Wissens, die durch sie zu Tage gefördert werden, sondern auch wirkliche Metallkörner, Kohlen, Salz und allerlei nützliches Gestein. Ja, ich habe anderwärts bereits behauptet, daß die Geologie eine wichtige Grundlage der Nationalökonomie werden muß, denn die Zustände unseres Lebens und unserer Gesittung sind gar vielfach abhängig von dem innern Bau des Bodens, den wir bewohnen.

Freiberg, am 17. März 1852.

B. C.

Möge auch diese zweite Auflage anspruchsloser Schilderungen sich einer freundlichen Aufnahme erfreuen. Der Herr Verleger hat sie durch manche schöne Abbildung bereichert.

Freiberg, am 18. April 1854.

B. C.

Derselbe Wunsch begleitet diese dritte Auflage; dieselbe hat eine wesentliche Vermehrung an Abbildungen erhalten und gibt in einem Anhange Andeutungen über die Verwendung vorweltlicher Formen zu Kunstzwecken.

Freiberg, am 1. Juni 1856.

B. C.

Inhaltsverzeichniss.

Seite

Vorwort V

I.

Entstehung der Erdoberfläche 3

II.

Vulkane 14

III.

Die geologischen Wirkungen des Wassers 41

IV.

Schnee und Eis in ihrer geologischen Bedeutung 69

V.

Die Gesteine, woraus die feste Erdkruste besteht:

a. Neptunische Gesteinsbildungen 93

b. Vulkanische Gesteinsbildungen 123

VI.

Architectur der festen Erdkruste 141

VII.

Entstehung und Bau der Gebirge 163

VIII.

Die Erzlagerstätten 176

IX.

Seite
Die Kohlenlager 192

X.

Die Entstehung des organischen Lebens auf der Erde 228

Anhang.

Die Vorwelt als Kunstquelle 256

Verzeichniss der Abbildungen.

I.

Entstehung der Erdoberfläche.

Seite

Die erste Erstarrungskruste der Erde, aus lauter erstarrten Schollen zusammengesetzt 6
Durchbrechung von Eruptivsteinen durch die erste Erstarrungskruste 8
Ungleiche Tiefe des Ursprunges ungleich alter Eruptivsteine 8
Emporsteigen der Wärme unter dicker Bedeckung von Schichtgesteinen, sowie dadurch bedingte Umschmelzung und Umwandlung 9
Umwandlung der Schichtgesteine durch mächtige, sie durchbrechende Eruptivgesteinsmassen 9

II.

Vulkane.

Idealer Durchschnitt eines Vulkans 14
Auswurfs- und Erhebungskrater 15
Der Aetna von der Südostseite 16
Oeffnung des Kraterschlundes 18
Barreninsel im bengalischen Meerbusen 19
Der Vesuv im Jahre 1843, nach einer Zeichnung von H. Abich 21
Eruptionskegel und Krater auf den Spalten der festen Kruste 22
Eruptionsschlackenkegel im Krater des Vesuv. 3 Abbildungen 23
Der Vulkan Jorullo in Mexico 24
Die Somma und der Vesuv zu Strabo's Zeit 25
Die Somma und der Vesuv nach der Eruption zur Zeit des Plinius 25
Die Somma und der Vesuv in der heutigen Zeit 26
Unterseeischer Ausbruch bei St. Michael im Jahre 1811 27
Krater der Insel Ferdinandea bei Sciacca um Mitte August 1831 31
Luftvulkane bei Purbara in der Nähe von Cartagena in Neu-Granada 33
Erdbeben zu Messina 35
Verwerfung der Schichten durch eine Erdbebenspalte 37

III.

Die geologiſchen Wirkungen des Waſſers.

Seite

Erſter Fall der Quellenbildung 42
Zweiter Fall der Quellenbildung 44
Dritter Fall der Quellenbildung 45
Quellenkegel 46
Der Geyſir auf Island 49
Apparat zur Nachahmung der Geyſerausbrüche 51
Regenſchlucht in den ſüdruſſiſchen Steppen:
Queraufriß 53
Längenaufriß 53
Grundriß 53
Durchſchnitt des Niagaragebietes 56
Ideale Vogelperſpective des Niagaragebietes 57
Idealer Durchſchnitt des Niagarafalles 58
Thalförmige Depreſſion zwiſchen den nördlichen Kalkalpen und der Centralkette der öſtreichiſchen Alpen 61
Thalfurche der Schweizer Alpen zwiſchen Martigny und Chur 61
Querſchnitt einer ſich vertiefenden Thalrinne 62
Breiter ebener Thalboden durch Ausfüllung 63
Thalterraſſen 63

IV.

Schnee und Eis in ihrer geologiſchen Bedeutung.

Schnee- und Eisregionen 70
Eisthor des Marcellgletſchers 71
Vereinigung des Stock- und Marcellgletſchers im Oetzthale 74
Der Paſterzengletſcher am Großglockner 76
Eislöcher 82
Eistiſchbildung 83
Eistiſch auf dem Mer de Glace 84
Der Arollagletſcher 85
Querſchnitt einer Moräne 86
Pierre a Dzo. Ein Moräneblock bei Monthey im Rhonethal 86
Linkes Felsgehänge neben dem Unteraargletſcher 88

V.

Die Geſteine, woraus die feſte Erdkruſte beſteht.

Geſteinsbildung 94
Ein durchſchnittenes Erbſenſteinkorn 95
Erbſenſtein von Carlsbad 96

Seite
Kieſelguhr von Franzensbad ... 102
Kieſelguhr von Strafford in Virginien ... 103
Probe von dem lebenden Infuſorienlager unter Berlin ... 104
Eßbares Bergmehl von dem Infuſorienlager unweit Ebsdorf in der Lüneburger Haide ... 105
Trippelfelſen von Richmond in Virginien ... 106
Mergelfels aus Aegina ... 107
Lithornithium Hirundo ... 108
Haliomna Sol ... 108
Weißer Kalkfels des Antilibanon ... 109
Kreide von Gravesend in England ... 109
Xanthidium furcatum ... 110
Weißes Mergelgeſtein von der Inſel Barbados ... 110
Mergelfels von Caltaniſetta auf Sicilien ... 111
Probe des Meeresgrundes in der Nähe des Südpols ... 112
Eis der Südpolargegenden ... 113
Das kleinſte Leben in den Hochalpen ... 114
Vulkaniſche Aſche vom Ausbruch des Hekla ... 115
Probe von Paſſatſtaub aus Lyon ... 116
Guano ... 117
Probe der Erdſahne ... 117
Corallenriff ... 119
Die Inſel Bolabola in der Südſee ... 120
Corallenriff ... 120
Whitesunday-Eiland, eine Coralleninſel ... 121
Säulenförmige Abſonderung des Baſaltes in der Fingalshöhle auf Staffa ... 126
Concentriſch ſchalige Porphyrkugeln bei Teplitz ... 127
Die Käsgrotte bei Bertrich in der Eifel ... 127
Abſonderung des Baſaltes auf der Inſel Staffa ... 128
Der Werregotſch, ein ſäulenförmiger Baſaltgang in Sandſtein, welcher oberhalb Auſſig als Felſen in das Elbthal hervortritt ... 128
Säulen- und ſchalenförmig abgeſonderter Porphyr auf dem Wagenberge bei Weinheim ... 129
Künſtliche Blaſenbildung ... 130
Unregelmäßige Blaſenräume. Langgeſtreckte Blaſenräume ... 130
Ein mit horizontalen Lagen erfüllter Blaſenraum ... 131
Concentriſche Form der Ausfüllung der Blaſenräume ... 131
Theils horizontale, theils concentriſche Form der Ausfüllung der Blaſenräume ... 131
Stalaktiſche Form der Ausfüllung der Blaſenräume ... 131
Granitgänge im Granit bei Heidelberg ... 132
Lavagänge in Lavaſchichten an der Somma ... 133
Melaphyrgänge im Syenit des Plauiſchen Grundes ... 134
Reibungsbreccien ... 139

VI.

Architectur der festen Erdkruste.

Seite

Idealer Querschnitt eines Theiles der festen Erdkruste 142
Einzelne Beobachtungen der Schichtfolgen 143
Ideale Zusammenziehung der einzelnen Schichtenreihen 144
Versteinerungen aus dem Pariser Becken 147
Versteinerungen der Kreidegruppe 148
Idealer Querschnitt des Pariser Beckens 149
Versteinerungen der Juragruppe 151
Versteinerungen des Muschelkalkes 153
Versteinerungen des Zechsteins 155
Versteinerungen des Rothliegenden 156
Versteinerungen der Kohlenformation 157
Versteinerungen der Kohlenkalksteinformation 158
Versteinerungen der Grauwackengruppe 159

VII.

Entstehung und Bau der Gebirge.

Ganz idealer Durchschnitt des böhmischen Mittelgebirges 166
Ein Centralmassengebirge obern, mittlern und untern Querschnittes 168
Einzelne Horizontalabschnitte eines Erdkrustentheils 168
Verticalschnitt eines Erdkrustentheils 169
Durchaus idealer Querschnitt des Harzes 169
Idealer Querschnitt des Riesengebirges 170
Ganz idealer Querschnitt des Odenwaldes 170
Ganz idealer Querschnitt des Erzgebirges 171
Ganz idealer Querschnitt der Oberlausitz 171
Idealer Querschnitt des Juragebirges 172
Idealer Querschnitt des Alleghanigebirges 172
Idealer Querschnitt des rheinischen Schiefergebirges 173
Ideale Darstellung des Bildungsprocesses der Gebirge 174

VIII.

Die Erzlagerstätten.

Ein Contactgang 177
Durchsetzung der Gänge 178
Schleppung der Gänge 178
Verwerfung der Gänge 179
Symmetrisch lagenförmige Gangstructur 180
Ein Stück Sphärengestein aus dem Peter stehenden Gang bei Freiberg 181
Erzgang in der Grube „Vor Ort“ 187

IX.

Die Kohlenlager.

Seite

Querschnitt der Kohlenmulde bei Rive-de-Gier in Frankreich 193
Nordöstlicher Theil der Potschappeler Kohlenmulde..... 194
Querschnitt der doppelten Kohlenmulde bei St. Pierre-la-Cour in Frankreich 194
Querschnitt aus dem Kohlengebiet von Brassac in Frankreich..... 195
Knickung der Kohlenlager bei Charleroi in Frankreich..... 195
Gebogene, zerrissene und verworfene Kohlenlager bei Vieille-Pompe (Saone et Loire) in Frankreich 196
Vielfach verworfenes Kohlenlager bei Vieille-Pompe in Frankreich..... 196
Aufrechtstehende Baumstämme in dem Kohlensandstein bei Treuil in Frankreich 197
Ideale urweltliche Landschaft: Steinkohlenperiode..... 208
Sigillaria oculata. Sigillaria Voltzii mit und ohne Kohlenrinde. Sigillaria elegans 209
Sigillaria-Stamm. Dessen Wurzeln, welche man Stigmaria genannt hat. Ein Stück Stigmaria in natürlicher Größe. Ein Stück dergleichen verkleinert, mit ansitzenden Fasern..... 210
Ideale urweltliche Landschaft: Steinkohlenperiode..... 212
Ideale urweltliche Landschaft: Braunkohlenperiode..... 213
Einschießen eines Kohlenlagers..... 222
Idealer Fall für die Aufsuchung von Kohlenlagern..... 223
Mancherlei Störungen eines Kohlenflötzes..... 224

X.

Geschichte des organischen Lebens auf der Erde.

Ein Koprolith (Fischercrement) aus der Kreideformation..... 231
Ein Koprolith aus der Leiasformation..... 231
Die Fährte eines Chirosaurus aus dem bunten Sandstein von Hildburghausen 231
Der Dudu der maskarischen Inseln..... 236
Der neuseeländische Kiwi..... 237
Telerpeton Elginense..... 239
Arges armatus..... 240
Orthoceratites..... 240
Goniatites..... 240
Graptolithes priodon. 2 Abbildungen..... 240
Cephalaspis Lyelli..... 241
Pterichtys latus..... 241
Ein heterocercer oder unsymmetrischer Fischschwanz..... 242
Ein homocercer oder symmetrischer Fischschwanz..... 242
Protorosaurus..... 242
Meer in der Muschelkalkperiode..... 243

Seite

Landschaft der Keuperperiode ... 245
Thierscene aus der Juraperiode ... 247
Pterodactylus crassirostris aus dem Kalkschiefer von Sohlenhofen ... 248
Landschaft der Juraperiode ... 249
Iguanodonfamilie aus dem letzten Abschnitt der Juraepoche (Wielden) ... 251
Ein ideal ergänzter Belemnit ... 252
Belemnit. Die Scheide mit dem Alveolkegel, welche man gewöhnlich allein versteinert findet ... 252
Dinotherium giganteum ... 253
Nummuliten ... 254

Anhang.

Die Vorwelt als Kunstquelle.

Photogengaslampe ... 259
Portal zu einem Geologischen Museum ... Titelbild

Geologiſche Bilder.

I.

Entstehung der Erdoberfläche.

Vulkanische Thätigkeit und Wasserwirkung. — Die Erde einst ein heißflüssiges Rotations-Sphäroid. — Bildung einer festen Kruste durch Abkühlung. — Erste Erstarrungskruste, Eruptivgesteine, Sedimentärgesteine, metamorphische Gesteine und theilweise Schmelzung der ersten Kruste. — Abkühlungszeitraum. — Dicke der starren Erdkruste. — Mögliche Folgen fortschreitender Abkühlung.

Die Erdoberfläche, die wir bewohnen, ist nicht vom Anfang an so gewesen, wie sie jetzt ist, ja sie ist noch jetzt mancherlei fortdauernden Veränderungen unterworfen, die nur dann im Vergleich zum Ganzen unwesentlich erscheinen, wenn wir sie nach ihren Resultaten in kurzen Zeiträumen beurtheilen. Kurz sind aber alle menschlichen Beobachtungszeiträume; als eine kleine Spanne Zeit erscheint die ganze Geschichte der Menschheit, wenn wir sie vergleichen mit der Geschichte der Erde, d. h. mit dem unermeßlichen Zeitraum, der jedenfalls verstrichen sein muß, seitdem unser Planet zuerst sich als ein selbständiger Himmelskörper gestaltete.

Durch vulkanische Thätigkeit werden heißflüssige Gesteinsmassen aus dem Erdinnern an die Oberfläche geführt, wo sie als Lavaströme erstarren, oder sich zu Schlackenschichten aufhäufen; neue Berge, neue Inseln werden dadurch und durch Erhebung gebildet; große Landstriche, Hunderte von Quadratmeilen umfassend, werden zuweilen um mehre Fuße über ihr früheres Niveau erhoben, wie das z. B. an den Küsten Chile's mehrmals schon in diesem Jahrhundert beobachtet worden ist, während andere Gegenden um ebenso viel niedersinken. So wirkt die vulkanische Thätigkeit, in der Regel die schon vorhandenen Unebenheiten des Landes und Meeresgrundes noch vermehrend.

Das Wasser dagegen nagt überall an der Oberfläche zerstörend und nivellirend. Einige Theile löst es chemisch auf, andere reißt es mechanisch mit sich fort. Alle Bäche, alle Flüsse führen unausgesetzt Theilchen des Landes in die weiten Becken des Meeres, welches selbst wieder seine Küsten langsam unterwäscht und annagt, während in seiner Tiefe oder an anderen Stellen seiner Ufer die losgerissenen Theilchen sich ablagern.

Auf diese Weise halten sich die Wirkungen des Wassers und die der vulkanischen Thätigkeit, welche letztere A. v. Humboldt sehr treffend mit den Worten bezeichnet: „eine Reaction des Erdinnern gegen die feste Kruste und Oberfläche," einander gegenseitig ungefähr das Gleichgewicht; was die einen zerstören, bauen die anderen an anderer Stelle wieder auf und umgekehrt.

Außer diesen beiden wichtigsten Ursachen für Veränderungen der Erdoberfläche wirken in geringerm Grade auch die Luft mit ihren Strömungen, das organische Leben und manche andere Ursachen umgestaltend auf das Bestehende ein, aber die Wirkungen dieser sind weit unbedeutender als die soeben genannten. Wir können nach dem Allen dreist behaupten, die Erdoberfläche ist in jedem folgenden Augenblick nie ganz so gestaltet als im vorhergehenden, aber die steten Veränderungen sind an jedem einzelnen Orte großentheils so gering, daß sie erst aus ihrer vieljährigen Summirung deutlich erkannt werden können. Nur die vulkanische Thätigkeit bringt zuweilen sehr merkbare Umgestaltungen plötzlich hervor.

Aehnliche Vorgänge, ähnliche Veränderungen lassen sich nun aber aus dem innern Bau der Erdkruste überall und aus sehr verschiedenen Zeiten herrührend erkennen. Es läßt sich nachweisen, daß die Gestalt der Länder und ihrer Oberfläche, wie die des Meeresbodens, sich fortwährend verändert hat, daß da, wo jetzt Land oder Meer ist, mehrmals Land- oder Meeresbedeckung miteinander gewechselt haben, und daß der augenblickliche Zustand der Erdoberfläche, wie der innere Bau ihrer festen Kruste, eben nur das Resultat aller dieser Vorgänge sind. Die Geologie ist es, welche sich mit der Untersuchung dieser Veränderungen beschäftigt, und welche dadurch auch zu weiteren Schlüssen über die Entwickelungsgeschichte des Erdkörpers geführt worden ist. Es liegt kein Grund vor, anzunehmen, daß die Naturgesetze, nach welchen diese steten Umgestaltungen der Erdkruste erfolgt sind, jemals andere gewesen seien, als jetzt. Nur unermeßliche Zeiträume sind nöthig,

um mit ihrer Hülfe das Bestehende zu erklären, und was könnte uns in diesem Gebiete der Ewigkeit irgend eine Schranke setzen? Ob wir zur Erklärung einer geologischen Thatsache einer Stunde oder einiger Millionen Jahre bedürfen, das ist in den meisten Fällen ganz gleich, wenn die Erklärung nur übrigens den bekannten Naturgesetzen nicht widerspricht.

Je weiter indessen der Geolog in die Geschichte der Erde zurückblickt, um so undeutlicher und unbestimmter werden die Lettern, mit denen sie geschrieben ist. Die Buchstaben verwandeln sich zuletzt in Hieroglyphen, und zu ihrer Entzifferung bedürfen wir zur Zeit noch der Hypothesen. Diese in der Geologie unvermeidlichen Hypothesen sind natürlich um so wahrscheinlicher, je einfacher sie die Erscheinungen erklären.

Eine dieser Hypothesen, die unter den Geologen der Gegenwart äußerst verbreitet gefunden wird, ist die: „daß die ganze feste Erde sich einst in einem heißflüssigen Zustande befunden habe, aus welchem ihr jetziger Zustand durch Abkühlung hervorgegangen sei". Die Physiker, die Astronomen und die Philosophen können in ihren Speculationen noch weiter zurückgehen und vor diesem Zustande einen gasförmigen u. s. w. annehmen; bis dahin reichen aber die Schlüsse der Geologen nicht, insofern sie nur die Beschaffenheit des jetzigen Zustandes als Unterlage benutzen.

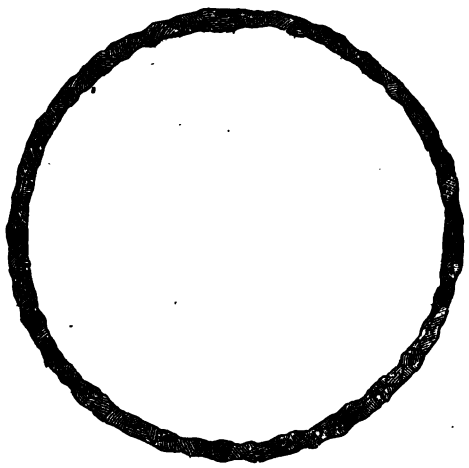
Wir wollen nun jene Hypothese hier in ihren wichtigsten Consequenzen verfolgen und zusehen, wie sich daraus der gegenwärtige Zustand der Erde ganz im Allgemeinen ableiten läßt. Gelingt das Letztere auf eine befriedigende Weise, so ist das offenbar ein günstiges Zeugniß für die Hypothese selbst, die jedoch dadurch noch nicht den Charakter einer wissenschaftlich begründeten Theorie annimmt. Zu einer solchen gehört volle Uebereinstimmung mit den Thatsachen, die in diesem Falle bis jetzt noch nicht zu erlangen möglich gewesen ist. Nachdem dies voraus bemerkt worden, wird man es nun nicht mißdeuten, wenn in den nachstehenden Betrachtungen oft ein bestimmterer Ton der Darstellung gewählt wird, als der Ausführung einer Hypothese streng genommen zukommt. Es geschieht das lediglich im Interesse der Faßlichkeit.

Also die Erde war einst in ihrer Totalität heißflüssig, wodurch nicht ausgeschlossen ist, daß sie auch damals schon von einer luftförmigen Atmosphäre umgeben sein konnte, die jedoch eine wesentlich andere Zusammensetzung besitzen mußte als die gegenwärtige, da bei

höherer Temperatur viele Stoffe nur luftförmig bestehen konnten, die jetzt fest oder tropfbar flüssig sind.

Jede ruhende Flüssigkeit, worauf keinerlei anziehende Kräfte von außen einwirken, nimmt die Gestalt einer Kugel an, so z. B. nach Plateau's schönen Versuchen ein Oeltropfen in einer mit dem Oel gleich schweren Mischung von Wasser und Weingeist. Wird aber eine flüssige Kugel um eine ihrer Achsen gedreht, so plattet sie sich in der Richtung ihrer Drehungsachse ab und wird zum elliptischen Rotations-Sphäroid; wirken gleichzeitig noch andere äußere Ursachen — im Falle der Erde die sie anziehenden anderen Himmelskörper — auf eine unregelmäßige Weise gestaltgebend ein, so wird das Rotations-Sphäroid kein vollkommenes, sondern ein etwas unregelmäßiges. Diese Gestalt zeigt nun wirklich die Erde im Allgemeinen genau so, wie sie sich aus ihrer Schwere und Umdrehungsgeschwindigkeit berechnen läßt, wenn auch die höchst unbedeutenden, durch störende Einwirkungen hervorgerufenen Abweichungen von der ohne Rücksicht auf jene Störungen berechneten Gestalt sich nicht speciell begründen lassen. Es ist das ungefähr die Gestalt einer Pomeranze. Doch ist bei der Erde die Umdrehungsachse nur um $^1/_{300}$ kürzer, als ihre größten durch den Aequator gehenden Durchmesser.

Da jedoch der Weltraum eine zwar nicht bestimmbare, jedenfalls aber sehr niedrige Temperatur, sicher unter — 50 Grad besitzt, so



Die erste Erstarrungskruste der Erde, aus lauter erstarrten Schollen zusammengesetzt.

mußte der heißflüssige Erdball, dessen Temperatur nach den an der jetzigen Oberfläche bekannten Stoffen zu urtheilen + 2000 Grad auf alle Fälle überstieg, fortwährend durch Wärmeausstrahlung in den Weltraum kälter werden. Dadurch begann an seiner Oberfläche eine Erstarrungskruste sich zu bilden, gleich einer Eisdecke auf Wasser. Da aber Flut und Ebbe, hervorgebracht durch die Anziehung des Mondes und der Sonne, in der durchaus flüssigen Erdmasse beständige Bewegungen erzeugten, so konnte diese Krustenbildung nicht ohne fortwährende große Zertrümmerung erfolgen. Viele Male wird die noch dünne Decke in Schollen zersprengt worden sein, die immer und immer wieder aufs Neue sich zu vereinigen suchten und lange nicht eine dauernde Erdfeste zu bilden vermochten, bis endlich die immer weiter vorgeschrittene Abkühlung eine so mächtige aus zusammengebackenen Schollen bestehende Decke hervorbrachte, daß diese wenigstens nicht mehr in vereinzelten Schollen zersprengt, sondern nur noch hier und da zerspalten werden konnte.

So sind wir allmälig zu einer den flüssigen Kern rings umschließenden festen Hülle gelangt, welche selbst wieder von der damaligen Atmosphäre umgeben war. Aber Wasser gab es noch nicht. Dieses konnte sich erst bilden, als die Abkühlung der Oberfläche so weit vorgeschritten war, daß ihre Wärme den Siedepunkt, unter dem damals wahrscheinlich viel höhern Atmosphärendruck, nicht überstieg.

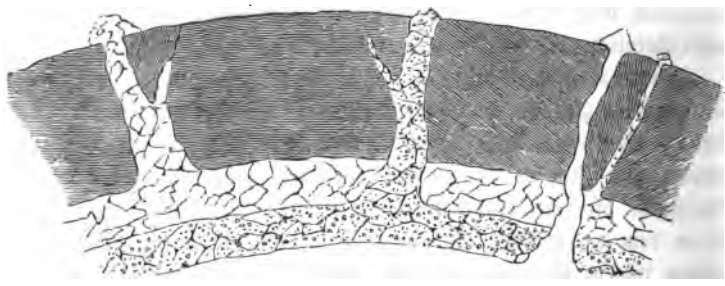
Durch weitere Abkühlung nahm die Kruste fortwährend nach innen an Dicke zu, wie die Eisdecke eines Teiches bei andauernder Kälte. Sobald nun aber den Bestandtheilen des Wassers die Möglichkeit geboten war, sich zu Wasser zu vereinigen, wird auch an der äußern Oberfläche die zerstörende Wirkung desselben begonnen haben. Was es an dem einen Orte auflöste oder mechanisch losriß, lagerte es am andern wieder ab. Dadurch entstanden die ersten aus Wasser abgelagerten sogenannten Sedimentärgesteine oder Schichtgesteine, und es ist kein Wunder, wenn diese (die ersten nämlich) eine sehr einförmige Zusammensetzung zeigen, da sie nur einerlei Material zur Zerstörung und Wiederablagerung vorfanden.

Die Zersprengungen der starren Kruste dauerten aber dabei ebenfalls fort, hervorgebracht theils immer noch durch die Schwankungen der Anziehung von Mond und Sonne, theils durch die Zusammenziehung der mehr und mehr erkaltenden Kruste, welche durch diese Zusammenziehung — dieses Kleinerwerden — der Hohlkugel noth-

Durchbrechung von Eruptivsteinen durch die erste Erstarrungskruste.

wendig etwas von ihrer Füllung auspressen mußte. Diese Auspressungen erstarrten theils in, theils über den aufgerissenen Spalten, und bildeten auf diese Weise sogenannte Eruptivgesteine — Granite, Porphyre, Grünsteine, Basalte u. s. w., — von denen die feste Erdkruste so vielfach durchsetzt ist.

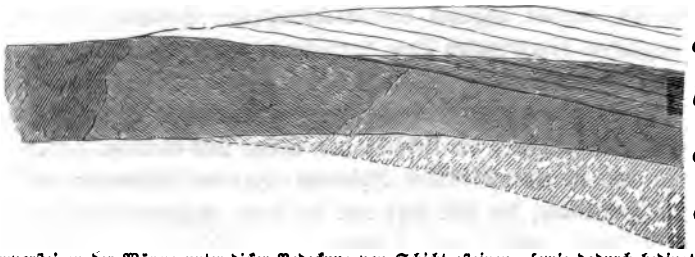
Da gleichzeitig im Innern die Erkaltung immer weiter vorschritt, so mußten nothwendig jene Eruptivmassen mit der Zeit aus immer tieferen Regionen hervorkommen. Wenn nun aber, wie sehr wahrscheinlich, in der heißflüssigen Kugel sich die Bestandtheile einigermaßen nach ihrem specifischen Gewicht gesondert hatten, so ist es nur natürlich, daß die später hervordringenden — neueren — Eruptivgesteine auch etwas anders zusammengesetzt sind als die älteren.



Ungleiche Tiefe des Ursprungs ungleich alter Eruptivsteine.

Das erklärt zum Theil den Unterschied der in den verschiedenen Zeiträumen lavaartig ergossenen Eruptivgesteine.

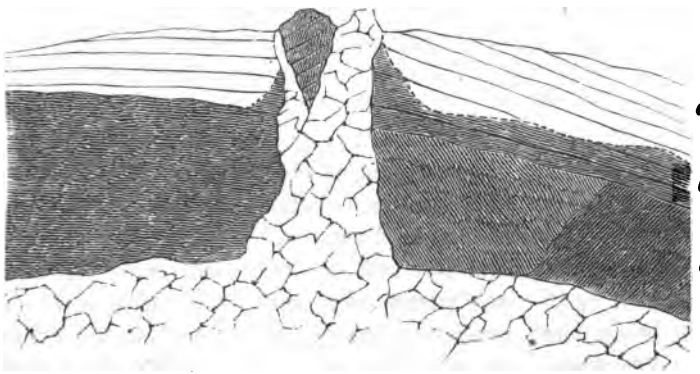
An die Oberfläche zurückkehrend, finden wir hier das Wasser in fortdauernder Bewegung und dadurch in geologischer Thätigkeit. Wenn in irgend einem Erdtheile seine Ablagerungen sehr große Dicke erlangt hatten, dann verhinderten sie die früher hier erfolgte Wärmeausstrahlung in gewissem Grade und konnten so ein locales Steigen der Temperatur unter sich veranlassen, indem sich hier allmälig dieselbe



Emporsteigen der Wärme unter dicker Bedeckung von Schichtgesteinen, sowie dadurch bedingte Umschmelzung und Umwandlung. — *a* Schichtgesteine, *b* krystallinisch gewordene Schichtgesteine, *c* Erstarrungskruste, *d* wieder eingeschmolzener Theil der Erstarrungskruste.

nach innen zunehmende Wärmescala wieder herstellte, wie daneben in den Gegenden, wo es noch keine Ablagerungen oder wenigstens nicht so mächtige gab. Dadurch aber mußte nicht nur ein Theil der früher gebildeten Erstarrungskruste von innen heraus wieder eingeschmolzen werden, sondern es konnten auch leicht die darüber abgelagerten Schichtgesteine durch sehr lange dauernde Wärmeeinwirkung unter hohem Druck wesentlich verändert und namentlich aus einem mechanisch agglomerirten in einen krystallinischen Zustand versetzt werden. Dies ist zugleich eine Erklärung der Entstehung der krystallinischen Schiefergesteine, wie Gneiß, Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer u. s. w.

Aber auch diese abgelagerten Gesteine, die nach und nach, bald mehr hier, bald mehr dort, die ganze ursprüngliche Oberfläche bedeckten, wurden zerspalten und von Eruptivgesteinen durchsetzt, und wo dies in sehr großartigem Maßstabe geschah, da traten ähnliche Einwirkungen und Umwandlungen auch neben den mächtigen Eruptiv-



Umwandlung der Schichtgesteine durch mächtige, sie durchbrechende Eruptivgesteinsmassen. — *a* Schichtgesteine, *b* umgewandelte Schichtgesteine, *c* Erstarrungskruste.

massen ein, welche zugleich die durchbrochenen Schichten aus ihrer ursprünglichen horizontalen Lage verrückten, zersprengten, aufrichteten und vielfach falteten.

Die Eruptivgesteine sind durch ihr gewaltsames Hervordrängen aus der Tiefe zugleich die Ursache der Berge und Gebirge geworden, wie wir das in einem spätern Abschnitt specieller besprechen wollen.

Die Hypothese, die wir hier nur in ihren allgemeinsten Umrissen dargestellt haben, erklärt zugleich, warum die Versteinerungen der älteren Perioden — der ältesten abgelagerten Formationen — von solcher Organisation sind, daß sie auf ein allgemein wärmeres Klima der ganzen Erdoberfläche und auf gar keine zonenartig vertheilten Temperaturunterschiede schließen lassen, weil damals die Innentemperatur alle Sonnenwirkung noch überwiegen mußte, und sie steht zugleich in vortrefflicher Harmonie mit der Thatsache, daß noch jetzt die Temperatur des Erdinnern nach der Tiefe überall zunimmt und zwar, so weit die Beobachtungen reichen, auf je 100 Fuß etwa um 1 Grad des hunderttheiligen Thermometers.

Endlich sind auch alle vulkanischen Erscheinungen der Gegenwart wie der Vergangenheit durchaus am einfachsten unter Zugrundelegung jener Hypothese erklärbar, wie wir im nächsten Abschnitte ausführlicher sehen werden.

Die Geologen, welche obiger Hypothese huldigen, haben sich nun wiederholt die Fragen gestellt: schreitet diese Abkühlung der Erde noch jetzt vor? — wenn es der Fall ist, wie schnell schreitet sie vor? — wie dick ist gegenwärtig die erstarrte Kruste? — und was wird das endliche Resultat dieser fortschreitenden Erkaltung sein? Diese Fragen lassen sich unter der Voraussetzung der Richtigkeit der Hypothese überhaupt zum Theil beantworten, wenn auch nicht mit genauen Zahlenwerthen.

Die Abkühlung schreitet allerdings noch jetzt fort, wenn auch vielleicht nicht mehr durch allgemeine Ausstrahlung in den Weltraum, so doch ganz sicher durch den vulkanischen Proceß und einige damit innig zusammenhängende Vorgänge.

Jeder Lavastrom entführt dem Erdinnern eine kleine Quantität Wärme, die durch nichts wieder ersetzt wird; jede warme oder heiße Quelle bringt fortwährend eine gewisse Wärmemenge aus der Tiefe an die Oberfläche, und auch diese constanten kleinen Wärmeverluste werden durch nichts ersetzt, denn die Sonnenwärme dringt allen

Beobachtungen zufolge in solche Tiefen nie ein, aus welchen jene Wärmequellen entspringen.

Eine Wärmeveränderung des Erdinnern muß demnach nothwendig noch jetzt stattfinden, aber sie kann im Verhältniß zu dem vorhandenen Wärmequantum so gering sein, daß sie sich mit unseren Apparaten nicht messen, sondern nur theoretisch als stattfindend bestimmen läßt. Und in der That so gering ist sie, welcher Satz zugleich eine Beantwortung der zweiten Frage enthält. Es ist bis jetzt noch keine Art von Messung der Wärmeabnahme gelungen, man hat nur ihr mögliches Maximum auf folgende sehr sinnreiche Weise zu bestimmen vermocht.

Die ältesten astronomischen Bestimmungen, aus welchen sich die Umdrehungszeit der Erde um ihre Achse, also die Tageslänge, berechnen läßt, rühren von dem Astronomen Hipparchos her, der vor 2000 Jahren in Alexandria lebte. Aus ihnen ergibt sich, daß diese Umdrehungszeit sich seitdem noch nicht um den hundertsten Theil einer Zeitsecunde verändert hat. Nun läßt sich aber nachweisen, daß eine mindestens so große Veränderung eingetreten sein müßte, wenn sich die Gesammttemperatur der Erde seit jener Zeit auch nur um $^1/_{170}$ eines Thermometergrades vermindert hätte, denn jede Abkühlung ist mit einer Verkleinerung der Körpervolumina verbunden; jede Verkürzung der Erddurchmesser würde aber nach mechanischen Gesetzen eine Beschleunigung ihrer Umdrehung zur Folge haben, und man hat berechnet, daß $^1/_{170}$ Grad Temperaturverminderung nothwendig schon eine Verkürzung der Tageslänge um $^1/_{100}$ Zeitsecunde verursachen würde, die nun eben nicht stattgefunden hat, weshalb also seit 2000 Jahren die Erde in ihrer Totalität nicht um $^1/_{170}$ Grad kälter geworden sein kann.

Daraus ergibt sich, daß die Abkühlung der Erde nur äußerst langsam fortschreiten kann, ohne daß es möglich wäre, dieses Fortschreiten wirklich durch Zahlen auszudrücken.

Wollten wir annehmen, die Gesammttemperatur der Erde wäre nur + 500 Grad, was nach unserer Hypothese vom heißflüssigen Innern sicher viel zu wenig ist, und die Größe ihrer Abkühlung betrüge in 2000 Jahren $^1/_{170}$ Grad, was sicher zu viel ist, so würde dennoch bis zur Abkühlung auf 0 Grad — ohne Berücksichtigung der der Oberfläche stets zuströmenden Sonnenwärme — ein Zeitraum von 170 Millionen Jahren nöthig sein, welcher Zeitraum indessen eben

nur ein ganz gewiß zu niedrig bestimmtes Minimum genannt werden darf.

Die dritte Frage, die wir oben stellten, war die: wie dick ist wol jetzt die Erstarrungskruste?

Vorausgesetzt, die im Erdinnern beobachtete Wärmezunahme wäre wenigstens bis zur Grenze des flüssigen Zustandes eine ganz gleichmäßige, so würde ungefähr bei $5\frac{1}{4}$ Meile Tiefe der Wärmegrad zu finden sein, bei welchem Lava schmilzt, und bei 10 Meilen Tiefe würden sicherlich die meisten Gesteine, die wir kennen, sich im geschmolzenen Zustande befinden müssen.

Hiernach könnte also die Dicke der erstarrten Kruste nur etwa 10 Meilen betragen. Aber es ist nicht wahrscheinlich, daß die Temperatur im Erdinnern ganz gleichmäßig zunimmt, ja in einzelnen Fällen hat man bereits eine kleine Abnahme der Zunahme mit der Tiefe beobachtet. Dazu kommt noch, daß auch der hohe Druck möglicherweise die Schmelzbarkeit der Stoffe sehr vermindern kann, genug, es ist schon aus diesen Umständen wahrscheinlich, daß die Dicke der starren Erdkruste größer ist als 10 Meilen. Nun hat man aber auch auf astronomischem Wege, durch Berechnungen, die auf die Nutation der Erdachse und die Präcession der Nachtgleichen gegründet sind, diese Dicke zu bestimmen gesucht. — Durch diese Berechnungen hat man eine Dicke von 200 Meilen gefunden; aber auch sie ist keineswegs zuverlässig, da man — was hiefür nöthig wäre — die verdichtenden Wirkungen hohen Druckes und die ausdehnenden Wirkungen sehr hoher Hitzgrade nicht kennt. Man hält diesen Werth deshalb für zu hoch, und die Geologen nehmen, die Thatsachen ungefähr abschätzend, an: daß die Dicke der festen Erdkruste 20—50 Meilen betrage.

Die vierte der obigen Fragen: was wird das endliche Resultat dieser fortschreitenden Abkühlung sein? läßt sich in gewisser Beziehung am vollständigsten beantworten, da es sich hierbei gar nicht um bestimmte Zahlenwerthe handelt.

Dieses endliche Resultat wird nämlich gänzliche Erstarrung des Erdinnern sein. Ob dazu 170 Millionen oder ebenso viel Billionen Jahre nöthig sind, das geht uns hier gar nichts an, es handelt sich nur darum, was das endliche Resultat des Vorganges sein wird, wenn er so fortschreitet, wie er jetzt besteht, was freilich wieder nicht ohne Weiteres vorausgesetzt werden darf, da bei einer gewissen Dicke der starren Kruste alle vulkanische Thätigkeit unmöglich werden könnte,

und da mit dem Aufhören des vulkanischen Processes auch die wichtigste Modalität des Wärmeverlustes aufhören würde.

Man könnte nun meinen, durch diese steten Wärmeverluste allein schon müsse die Erde mit der Zeit wegen Wärmemangel unbewohnbar für Organismen werden. Das ist aber nicht nöthig. Die vulkanische Thätigkeit und Alles, was damit in inniger Verbindung steht, so z. B. die heißen Quellen, müssen wol endlich aufhören. Aber die Temperatur der äußern Oberfläche der Erde ist schon jetzt nur von der Sonnenbestrahlung abhängig. Die Innenwärme der Erde liefert dazu keinen wesentlichen Beitrag mehr, wie es in früheren Erdperioden allerdings der Fall gewesen zu sein scheint. Daher wird denn auch die Gesammttemperatur des Erdkörpers nie unter die mittlere Temperatur seiner Oberfläche herabsinken können, weil darunter hinab kein Wärmeverlust mehr denkbar ist.

Sollte indeß wirklich einst alle vulkanische Thätigkeit des Erdkörpers erlöschen, so würde es eine unvermeidliche Folge davon sein, daß der ununterbrochene Nivellirungsproceß des Wassers in ihr kein Gegengewicht mehr fände. Es würden also dann alle Unebenheiten, alle Hervorragungen, alle Berge und Gebirge, ja alle Festländer allmälig durch das Wasser zerstört und die Vertiefungen des Oceans mit den Zerstörungsproducten ausgefüllt werden, ohne daß neue Formen der Art aufs Neue durch vulkanische Thätigkeit hervorgebracht würden, sodaß dann endlich wieder (wie im Anfang nach der Entstehung des Wassers vielleicht eine Zeit lang) die ganze Oberfläche der Erde vom Meere bedeckt würde.

Aber wie viel Zeit würde das Wasser zu einer so vollständigen Nivellirung bedürfen! Jedenfalls so viele Trillionen Jahre, daß es unmöglich ist, sich irgend eine bestimmte Idee von einem so großen Zeitraume zu machen, der für menschliche Auffassung der Ewigkeit beinahe gleich zu setzen ist.

II.

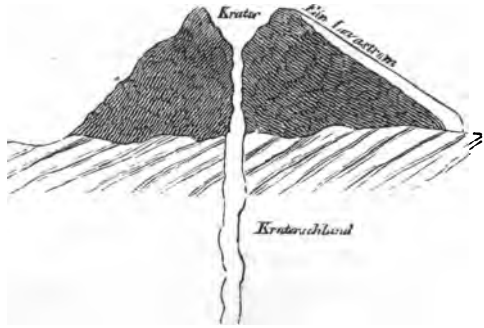
Vulkane.

Aeußere Formen der Vulkane. — Auswurfskegel und Erhebungskegel. — Vertheilung der Vulkane. — Zuſtand der Ruhe und Zuſtand der Thätigkeit. — Eruption. — Lavaergießung. — Veränderung der Form der Vulkane durch Ausbrüche. — Entſtehung neuer Vulkane und vulkaniſcher Inſeln. — Inſel Ferdinandea. — Andere neue Inſeln. — Schlammvulkane. — Erdbeben. — Theorie der vulkaniſchen Thätigkeit.

Im innigſten Zuſammenhang mit der im vorigen Abſchnitt entwickelten allgemeinen Erdbildungshypotheſe ſteht die Anſicht, nach welcher die Vulkane conſtante Verbindungswege zwiſchen dem noch heißflüſſigen Erdinnern und der Erdoberfläche ſind.

Wir wollen jedoch zunächſt uns etwas näher mit den wichtigſten Eigenſchaften der Vulkane und ihrer Thätigkeitsart bekannt zu machen ſuchen, ehe wir dieſe Erklärungsweiſe auf ſie anwenden.

Zu den allgemeinſten äußeren Charakteren der Vulkane gehört ihre Kegelform und die Krater genannte, trichterförmige Einſenkung, welche im thätigen, nach dem Ausdruck des gemeinen Lebens „feuerſpeienden" Zuſtande mit einem tief in die Erde eindringenden Schlund in Verbindung ſteht, der Art, daß ein idealer Querſchnitt beinahe jedes Vulkanes ſich ungefähr ſo ausnehmen würde:

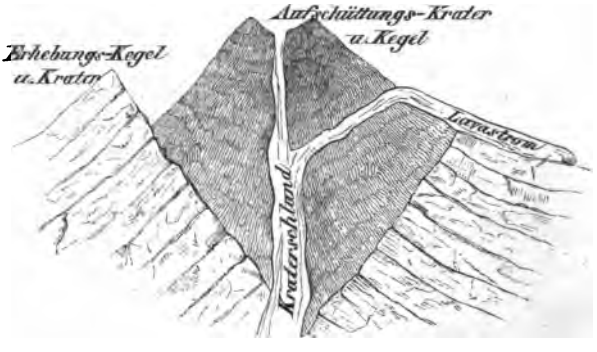


Idealer Durchſchnitt eines Vulkans.

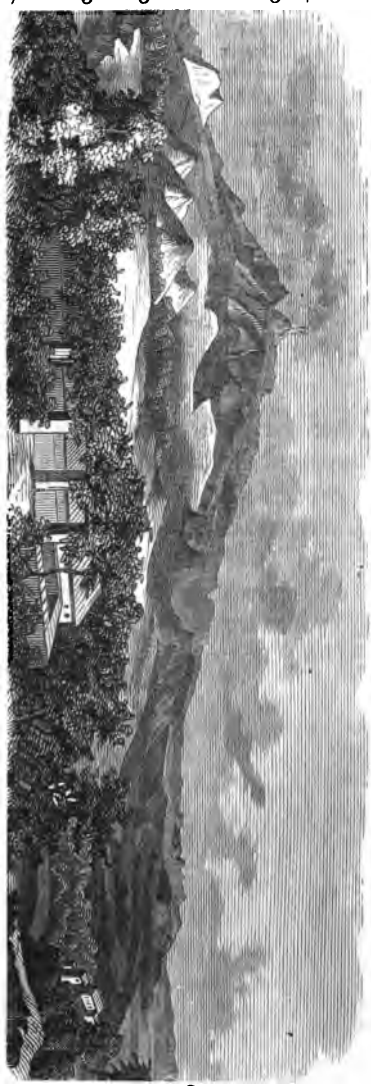
Die Höhe und die Steilheit des Kegels, die Weite und Tiefe des Kraters sind bei den einzelnen Vulkanen außerordentlich verschieden, wie durch nachstehende wenige Beispiele besonders anschaulich werden dürfte.

Vulkane.	Höhe in Fuß		Steigung der Seiten in Graden.	Krater.	
	des Gipfels üb. d. Meer.	des Kegels üb. s. Basis.		Tiefe in Fuß.	Durchm. in Fuß.
Koosima, in der Sampastraße	696	etwas mehr	—	—	—
Volcano, liparische Insel .	1224	etwas mehr	25—30°	600	3000
Stromboli, liparische Insel	2775	etwas mehr	30°	—	2000
Vesuv, bei Neapel . . .	3600	3500	10—30°	—	1870
Kirauea, auf Hawai . .	3650	3600	—	1000	15,000
Aetna, auf Sicilien . .	10,200	10,000	15—35°	—	1500
Pic von Teneriffa . . .	11,400	11,400	25—35°	120	600
Mouna-Roa, auf Hawai .	12,690	—	—	1200	8000
Toluca, in Mexico . . .	14,220	8000	—	1150	3000
Klutschewskaja-Sopka . .	14,790	etwas mehr	—	—	2220
Popocatepetl, in Mexico .	16,626	8000	20—25°	1000	5000
Pichincha, in Quito . .	17,650	6000	—	1500	5000
Cotopaxi, in Quito . .	17,900	9000	25—30°	—	—
Aconcagua, in Chile . .	21,770	8000	—	—	—

Untersucht man nun etwas näher den innern Bau dieser Kegelberge, so ergibt sich, daß dieselben größtentheils aus ausgeschleuderten Schlackentheilen und ausgeflossenen Lavaströmen bestehen. Oft sind die eigentlichen Vulkankegel nur aus solchen um den Krater herum angehäuften Massen gebildet, und in diesem Falle nennt man sie Auswurfskegel oder Auswurfskrater, voraussetzend, daß sie, wie die Steinhalde eines Grubenschachtes, durch allmälige Anhäufung dieses Materials um den vulkanischen Schlund herum aufgebaut seien.



Zuweilen kann man aber deutlich erkennen, daß wenigstens ein Theil dieſer Berge durch Erhebung früher in tieferem Niveau vorhanden geweſener vulkaniſcher oder auch nichtvulkaniſcher Geſteinsmaſſen gebildet iſt, und man nennt dann dieſen Theil der Vulkanberge Erhebungskegel. Die größeren Vulkane beſtehen wahrſcheinlich in der Regel aus Erhebungskegeln mit aufgeſetzten Auswurfskegeln.



Der Aetna von der Südoſtſeite.

So beſteht z. B. beim Aetna der eigentliche 9100 Fuß hohe Hauptberg aus offenbar im feſten Zuſtande erhobenen Schichten, während auf dieſem dann ein nur etwa 1100 Fuß hoher Auswurfskegel mit dem Hauptkrater ſich gebildet hat.

Ja es finden ſich auf den beiden Abhängen dieſes mächtigen Vulkans, der für ſich ein Gebirge bildet, noch gegen 700 kleinere Auswurfskegel, die zum Theil auch mit beſonderen kleineren Kratern verſehen ſind, und deren Höhe zwiſchen 50 und 700 Fuß ſchwankt.

Wenn aber, wie das ebenfalls mehrfach der Fall iſt, die erhobenen Schichten um den Auswurfskegel noch einen zweiten mehr oder weniger geſchloſſenen concentriſchen Wall bilden, wie z. B. die Somma um den Veſuvkegel, ſo nennt man dieſen Wall Erhebungskrater. Es ſind dies wichtige Unterſcheidungen, die wir den ſcharfſinnigen Beobachtungen Leopold von Buch's zu danken haben.

Die Erhebungskrater erreichen zuweilen einen so ganz außerordentlichen Durchmesser, daß sie schon dadurch sich von den Auswurfskratern unterscheiden und sehr an die Ringgebirge der Mondoberfläche erinnern.

Die Vulkane sind nicht gleichmäßig und auch nicht nach bestimmten Regeln über die Erdoberfläche vertheilt. Rücksichtlich ihrer Vertheilung findet durchaus keine allgemeine Beziehung zur Form der Erde oder zu klimatischen Zonen statt. Man kennt sie unter allen Breitengraden, die bis jetzt von Menschen besucht wurden, am Aequator wie in der Nähe der Pole, in der nördlichen wie in der südlichen Hemisphäre. Sie gehören zu den allgemeinen Eigenschaften des Erdkörpers. Mehre tausend Vulkane sind bereits bekannt, und diese erscheinen in vieler, doch nicht in jeder Beziehung unregelmäßig über die Erdoberfläche vertheilt.

Folgendes sind die Regeln der Vertheilung, die bis jetzt erkannt wurden:

1) Sie sind häufiger an den Meeresküsten, auf Inseln oder auf dem Boden des Meeres, als tief im Innern der Continente. Unter den genauer bekannten liegen nur sehr wenige über 30 Meilen vom Meere entfernt.

2) Es finden sich gewöhnlich mehre beisammen in einer vulkanischen Gegend, und wo sich

3) mehre beisammen finden, da zeigen sie sich theils um einen Mittelpunkt gruppirt, als Centralvulkane, theils in langen Reihen hintereinander, als Reihenvulkane.

Centralgruppen bilden z. B. die italienischen Vulkane und die der Canarischen Inseln, Reihenvulkane die der Andeskette und des Inselgürtels vor den Ost- und Südküsten Asiens.

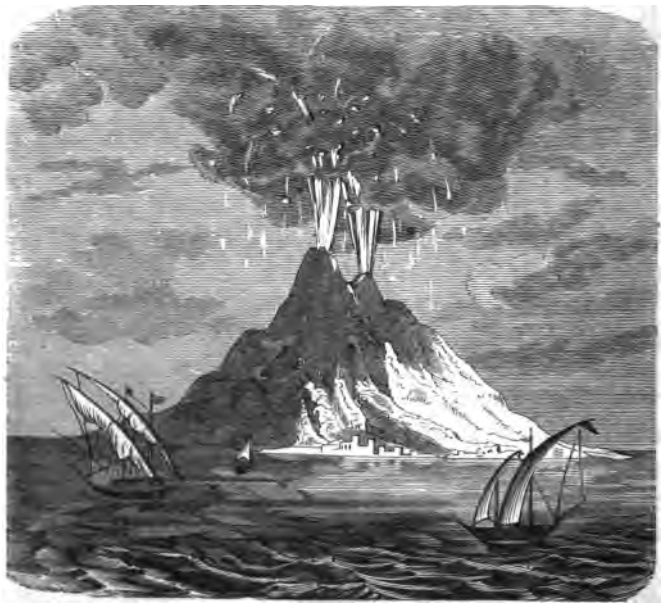
L. v. Buch sagt von diesen Reihenvulkanen sehr treffend: sie liegen wie besondere Oeffnungen auf langen Spalten. Nach diesen wenigen Bemerkungen über die Form- und Vertheilungsverhältnisse der Vulkane wollen wir ihre Thätigkeitsweise etwas näher ins Auge fassen.

Man unterscheidet an den Vulkanen einen Zustand verhältnißmäßiger Ruhe und den der Thätigkeit oder Eruption.

Der Zustand der Ruhe ist bei den Vulkanen in der Regel kein vollkommener Stillstand ihrer Thätigkeit. Immer noch hauchen sie allerlei Dämpfe und Gase aus, Rauchsäulen steigen aus den Spalten

des Kraters oder der Abhänge empor und die Temperatur ihres Gipfels ist oft eine höhere als die mittlere der Gegend. Aber der Kraterschlund ist geschlossen, er ist ausgefüllt mit erstarrter Lava oder mit Schlackenhaufwerk; der Krater zeigt an seiner Stelle einen eingeebneten Boden, den man betreten kann. Jene Dämpfe und Gasarten, welche die sogenannten Fumarolen und Mofetten bilden, bestehen größtentheils aus Wasserdampf, Schwefelwasserstoffgas, schwefeliger Säure, Chlorwasserstoff und Kohlensäure.

Bei manchen Vulkanen scheint indessen der Ruhestand ein dauernder geworden zu sein, auch die Dampfausströmungen haben bei ihnen aufgehört, nur warme Quellen und kohlensaure Gasquellen entspringen noch häufig in ihrer Nähe. Diese nennt man erloschene Vulkane. Dergleichen finden sich auch in Deutschland, in der Eifel am linken Rheinufer und sehr schön im centralen Frankreich. Sie schließen sich eng an die nahe verwandten Basaltkegel an, denen jedoch Krater und Lavaströme fehlen.



Oeffnung des Kraterschlundes.

Wenn nun ein Vulkan aus dem Zustande der Ruhe in den der besondern Thätigkeit oder Eruption übergeht, so pflegt er das in der

Regel durch unterirdisches Getöse, durch donnerähnliche Detonationen und durch heftige Erschütterungen des Bodens zu verkünden.

Hierauf öffnet sich der Kraterschlund, indem gewaltige Dampfmassen die darin angehäuften Lava- und Schlackentheile mit großer Energie hinausschleudern. Hinter diesen Dampfmassen steigt nun allmälig oder ruckweise in dem geöffneten Schlund eine glühend flüssige Lavasäule auf. Sie füllt den Krater, bildet in ihm einen flüssigen See. Aber Dampfmassen drängen sich fortwährend durch sie empor, reißen Theile davon mit in die Luft und bilden so über dem Krater eine aufsteigende Säule, bestehend aus Dämpfen, Schlackenstücken und feinen Lavatheilchen, sogenannter vulkanischer Asche. Diese aufsteigende Säule erreicht je nach der Energie und Spannung der empordrängenden Dämpfe eine ungleiche Höhe, zuweilen von mehren 1000, ja bis 7000 Fuß. Oben breitet sich diese Säule — garben- oder pinienartig nach allen Richtungen, oder vom Winde getrieben — vorzugsweise nach einer Seite hin aus, die Schlacken und die Aschentheilchen fallen auf die Abhänge des Berges nieder oder werden von Stürmen erfaßt, viele Meilen weit fortgetrieben, um erst in anderen Ländern oder auf der Oberfläche des Meeres niederzufallen.

Die glühenden Schlacken, und mehr noch der Wiederschein des glühenden Lavasees im Innern des Kraters, geben dieser Dampf- und Aschensäule bei Nacht das Ansehen einer hohen Feuersäule, ohne daß eigentliche Flammen in ihr vorhanden sind.

Gleichzeitig pflegt durch den aufsteigenden Dampfstrom eine große Menge Elektricität frei zu werden, Blitze durchzucken ihn nach allen Richtungen und ein fast ununterbrochenes Donnern verkündet diese vulkanischen Gewitter auch während der Tageshelle. Oft sind damit wolkenbruchähnliche Wasserergießungen verbunden, die sich mit Schlacken und Asche vermischt als wahre Schlammfluten über die Abhänge des Berges ergießen; solchen Schlammströmen verdankten Pompeji und Her-

Barreninsel im bengalischen Meerbusen.

culanum ihren Untergang. Das Resultat derselben sind sogenannte vulkanische Tuffablagerungen.

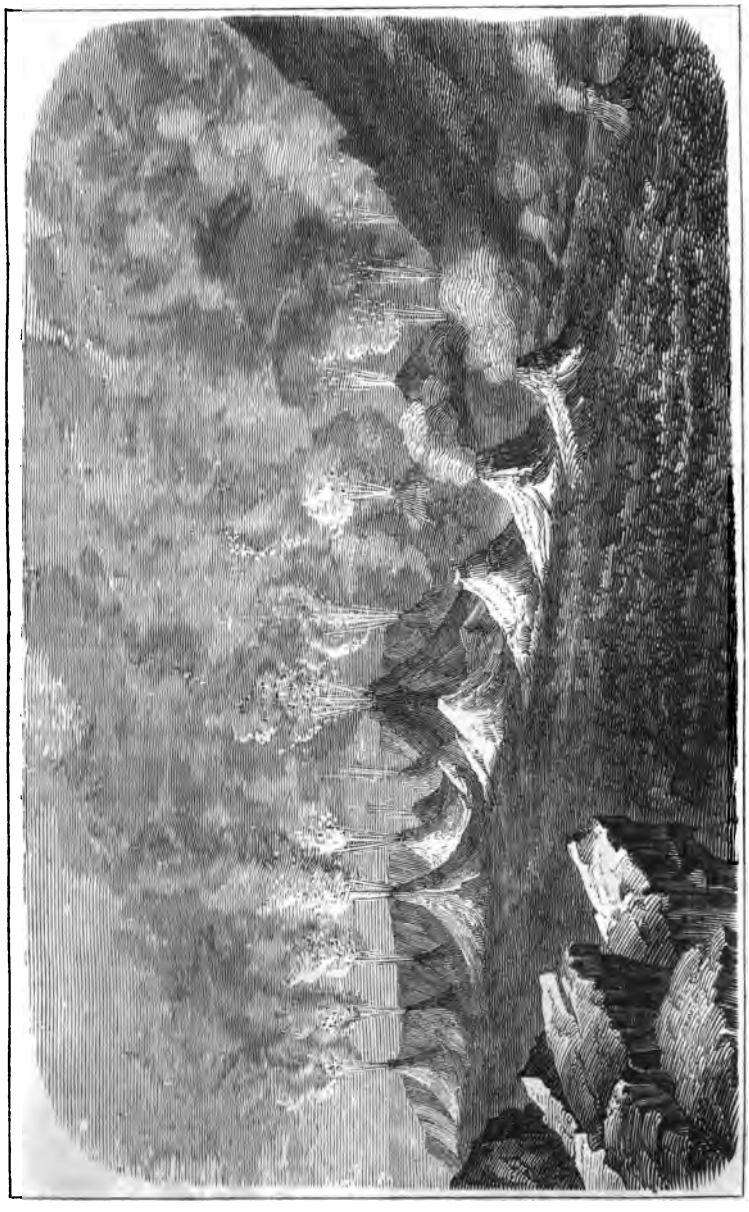
Erreicht der Lavasee an irgend einer Stelle den Rand des Kraters oder sind in dem Berge Spalten aufgerissen, so ergießt sich über den Rand, oder durch diese Spalten, die Lava als ein glühender Strom über den Abhang des Berges.

Die Lava fließt am Abhange hinab und während des Fließens erstarrt sie allmälig, sich stets mit Schlackenkrusten umgebend, die durch die Bewegung des Fließens immer wieder zerrissen und zertrümmert werden, sich aber stets wieder aufs Neue bilden, bis endlich die Erkaltung so weit vorgeschritten ist, daß nun der ganze Lavastrom als eine feste Steinmasse auf dem Abhang und am Fuße des Berges liegen bleibt.

Die Dauer solcher Eruptionen und Lavaergießungen ist sehr ungleich, sie kann in wenigen Tagen vollendet sein, aber auch Monate lang währen. Diese Schilderung stellt überhaupt nur den mittlern Verlauf der Eruptionsthätigkeit der Vulkane dar, während fast jede Eruption ihre besonderen Erscheinungen und Abweichungen vom mittlern Verlaufe darbietet.

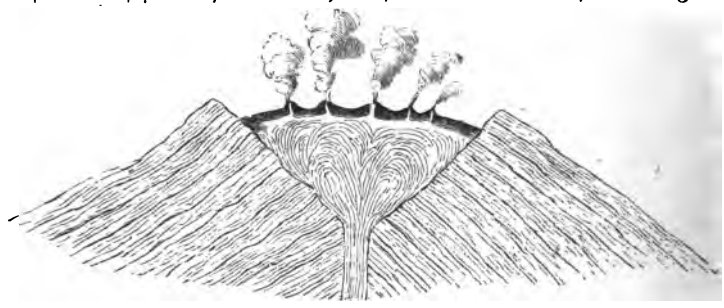
Wir wollen einige dieser besonderen Erscheinungen hier weiter besprechen.

Es scheint, daß die Ausbrüche der Vulkane im Allgemeinen um so häufiger und um so weniger energisch sind, zu je geringerer Höhe sich die Feuerberge erheben, und im Gegentheil um so seltener, aber zugleich großartiger, zerstörender, je höher ihre Gipfel über den Meeresspiegel aufragen. Bei den kleineren Vulkanen findet die Lava gewöhnlich ihren Abfluß über den Kraterrand, bei den größeren bricht sie häufiger aus seitlichen Zerspaltungen des Berges hervor, über denen sich dann sehr oft neue kleinere Eruptionskegel bilden, die selbst zuweilen wieder mit Kratern versehen sind. Am Aetna haben sich, wie schon erwähnt, im Laufe der Zeit gegen 700 solcher Eruptionskegel gebildet, die wie Warzen die Oberfläche des Berges bedecken, während nur selten an diesem Vulkan sich Lavaströme über den Rand des obern Hauptkraters ergossen haben. Es ist das leicht begreiflich, wenn man bedenkt, welchen ungeheuern Druck eine 10,200 Fuß hoch über den Meeresspiegel gepreßte Lavasäule auf die Wände des Berges ausüben muß. Dieser große Druck ist denn auch die Ursache, daß die Lava aus Spalten, die am untern Theile des Berges entstehen, zuweilen gleich einer Fontaine hervorspritzt.



Der Vesuv im Jahre 1845, nach einer Zeichnung von H. Abich.

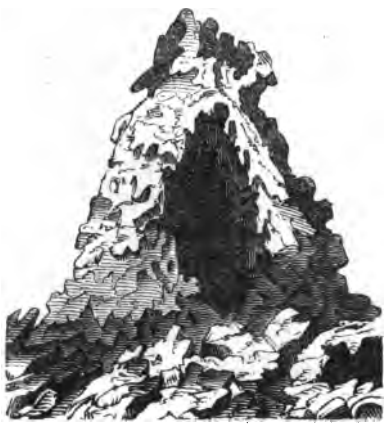
Wenn ein Krater längere Zeit mit Lava gefüllt bleibt, ohne daß große Dampfmaſſen daraus hervorbrechen, ſo bildet ſich auf dieſem Lavaſee eine feſte Schlackendecke; dieſe aber wird durch die in gerin-



Eruptionskegel und Krater auf den Spalten der feſten Kruſte.

germ Maße ſtets nachdrängenden Dampf- und Lavamaſſen gewöhnlich aufgebläht und zerſprengt. Auf den Spalten der feſten Kruſte erheben ſich dann aufs Neue kleine Eruptionskegel und Krater, deren man zuweilen in einem Hauptkrater eine große Menge gezählt hat, und die ſich zum Lavaſee und ſeiner Kruſte etwa ebenſo verhalten, wie die Vulkane ſelbſt zu dem heißflüſſigen Erdinnern mit ſeiner Kruſte, was ſich durch eine ideale Zeichnung etwa wie in vorſtehender Abbildung darſtellen ließe. Dieſes Phänomen zeigte der Veſuv ſehr ſchön im Jahre 1843, und wir verdanken H. Abich die umſtehende Abbildung davon (S. 21).

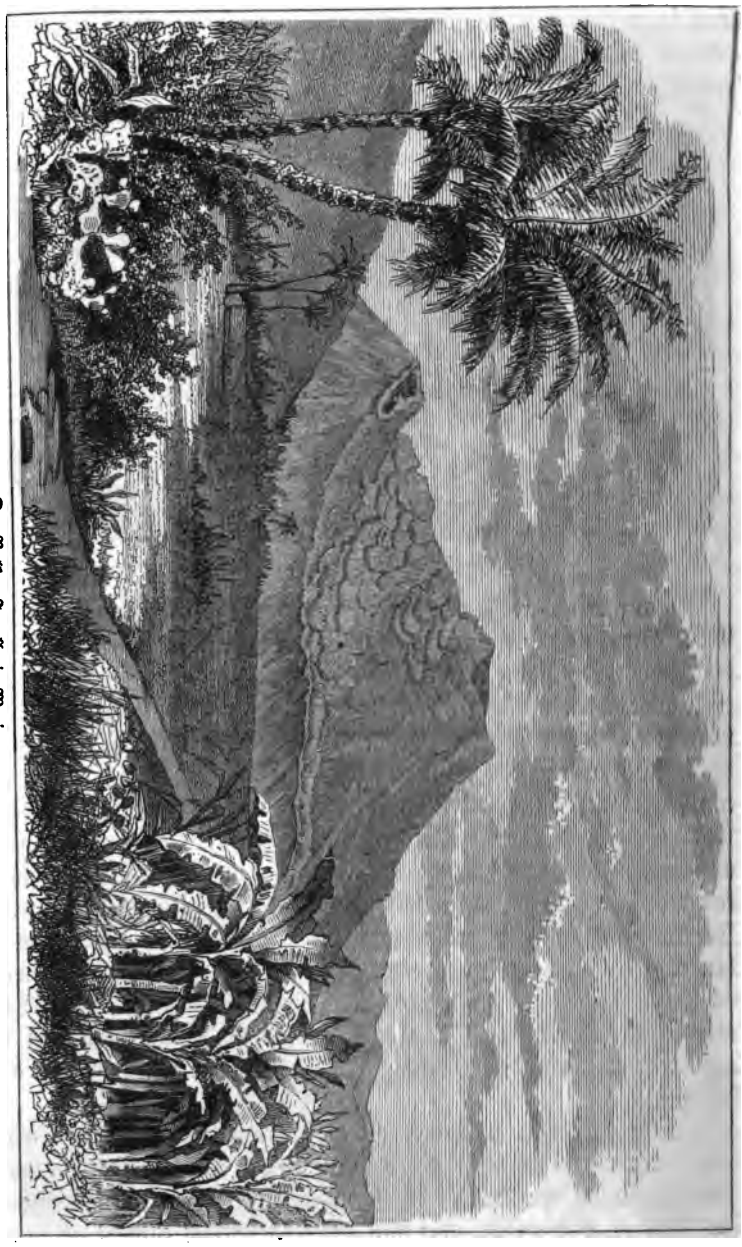
Einzelne kleinere dieſer Lavaaustreibungen zeigten die folgenden Geſtalten.



Eruptionsſchlackenkegel im Krater des Veſuv.

Ganz beſonders ſchöne kleine Eruptionskegel der Art wurden von A. v. Humboldt und anderen Beobachtern auf dem Lavaplateau des im Jahre 1759 ganz neu entſtandenen mexicaniſchen Vulkans Jorullo beobachtet und dort „Hornitos" (Oefen) genannt, weil ſie noch viele Jahre nach der Lavaergießung Rauchſäulen ausſtießen. Es iſt dieſer Jorullo ein höchſt intereſſanter Feuerberg, da er im Zeitraume weniger Tage ſich 1550 Fuß über eine Oberfläche erhob, die mit Mais-, Zuckerrohr- und Bananenfeldern beſtellt war, und weil man an der außerordentlich mächtigen Lavaergießung die große Langſamkeit der Erkaltung ſo großer Maſſen ſehr deutlich beobachten konnte. — Im J. 1780, alſo 21 Jahre nach der Ergießung, war die Lava in den Spalten noch glühend, man konnte Cigarren daran anzünden. 44 Jahre ſpäter fand ſie Bullock noch ſichtbar dampfend, und 1846, alſo 87 Jahre nach dem Ausbruch, ſah E. Schleiden, von dem die auf Seite 24 ſtehende Zeichnung herrührt, noch zwei Fumarolen aus ihr aufſteigen.

Sehr bedeutend ſind auch oft die Veränderungen, welche während eines Ausbruches in der äußern Geſtalt des Berges eintreten. Zuweilen ſtürzt der Gipfel, der Eruptionskegel, ganz oder theilweiſe ein, oder er wird höher, oder ſtatt des eingeſtürzten entſteht ein neuer.

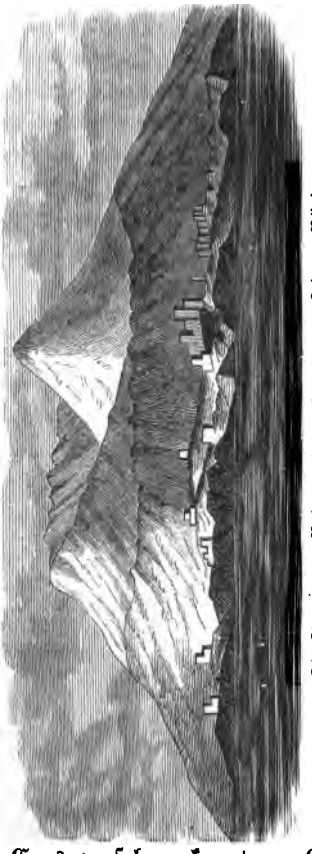


Der Vulkan Jorullo in Mexico.

Der Vesuv hat im Laufe der Jahrhunderte in dieser Beziehung sehr bedeutende Veränderungen seiner Gestalt gezeigt, welche wir am besten durch die nachstehenden drei Abbildungen versinnlichen können.

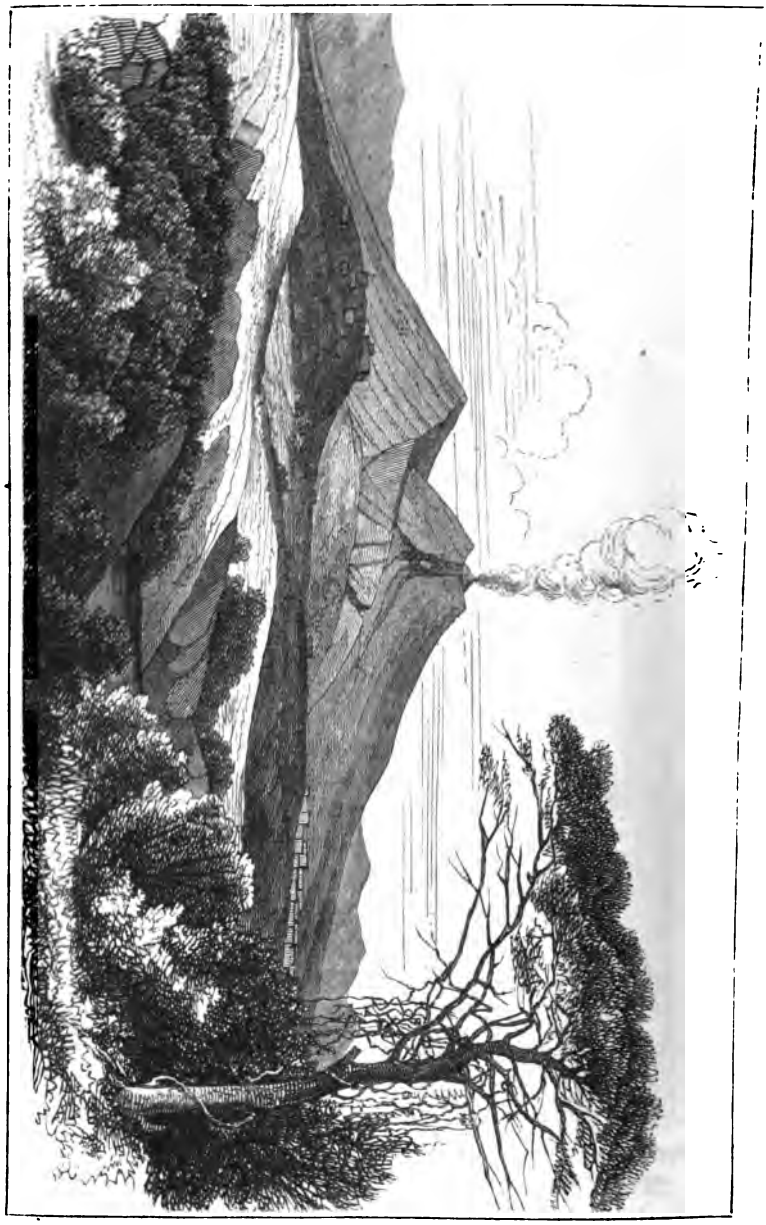
Nicht selten sind auch durch vulkanische Ausbrüche ganz neue Inseln im Meere entstanden. So bildete sich im Jahre 1757, etwa 3 englische Meilen von Pondicherry, eine Insel von einer englischen Meile Durchmesser, aus deren Krater unter furchtbarem Getöse und unter Feuererscheinungen Asche, Sand und Bimsstein in solcher Menge ausgeworfen wurden, daß die Schiffe nur mit Mühe durch

Die Somma des Vesuv zu Strabo's Zeit.



Die Somma des Vesuv nach der Eruption zur Zeit des Plinius.

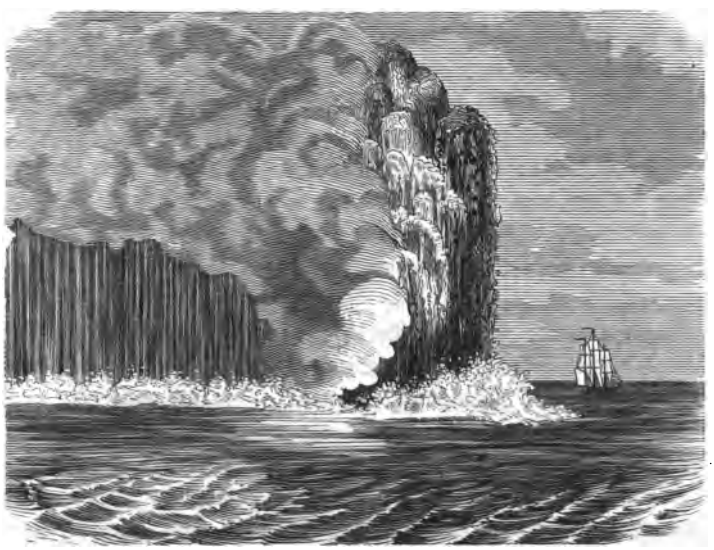
die schwimmenden Bimssteine ihren Curs verfolgen konnten. Etwa einen Monat vor der großen Eruption des Skaptar-Jökul im Jahre 1783 erfolgte bei Island, 6 Meilen südwestlich vom Cap Reykianäs,



Die Somma des Vesuv in der heutigen Zeit.

eine submarine Eruption, bei welcher so viele Bimssteinstücke ausgeschleudert wurden, daß das Meer 25 Meilen weit damit bedeckt war, zugleich stieg eine Insel aus dem Meere empor, welche den Namen Nyöe (Neuinsel) erhielt, aber vor Jahresablauf wiederum verschwunden war und nur eine Bank von 5 bis 30 Faden Tiefe unter dem Meeresspiegel zurückließ.

In der Nähe der Azorischen Insel St. Michael haben sich dergleichen Ereignisse zu wiederholten Malen begeben; so werden submarine, mit Inselbildungen verbundene Eruptionen aus den Jahren **1638**, **1691** und **1719** berichtet; der interessanteste, weil nach seinen besonderen Umständen am genauesten bekannte Fall der Art ereignete sich jedoch im Jahre **1811**, bei welchem die vom Capitain Tillard nach seinem Schiffe so benannte Insel Sabrina gebildet wurde, welche jedoch, wie die früher entstandenen Inseln, bald wieder von den Meereswellen zerstört wurde. Schon ein halbes Jahr lang war St. Michael von häufigen Erdbeben bewegt worden, welche sich am 31. Januar **1811** mit fürchterlicher Stärke wiederholten. Am



Unterseeischer Ausbruch bei St. Michael im Jahre 1811.

1. Februar verbreitete sich ein starker Schwefelgeruch, und man erhielt die Nachricht, daß bei dem Dorfe Ginetes, zwei englische Meilen weit draußen im Meere, Rauch und Feuer aufsteige; zugleich trieb

der Wind Aschenwolken bis nach der 18 englische Meilen entfernten Stadt Ponta Delgada, wo sie sich auf die Häuser und Felder niedersenkten. Die aus dem Meere aufsteigende, von Asche und anderen Auswürflingen gebildete Säule wurde viele Meilen weit gesehen, erschien bei Nacht wie eine Feuersäule und brachte das Meer in gewaltige Aufregung. Nach acht Tagen endigte diese Eruption und der vorher 50 bis 80 Faden tiefe Meeresgrund war bis nahe unter den Wasserspiegel erhöht. Am 13. Juni verkündigten Erdbeben das Eintreten einer neuen Eruption, welche $2\frac{1}{2}$ Meile westlich von der ersten Stelle, unweit dem Vorgebirge Pico das Camarinhas, erfolgte und am 17. Juni ihre größte Heftigkeit erlangte; eine gewaltige Säule von Asche und Rauch stieg periodisch, unter rasch aufeinander erfolgenden Erschütterungen viele hundert Fuß hoch aus dem Meere auf und breitete sich dann in dicken Wolken aus, denen zahlreiche Blitze entfuhren. Nach der Beendigung dieses Ausbruchs sah man eine etwa 300 Fuß hohe, an dem einen Ende kegelförmig zugespitzte, am andern Ende mit einem tiefen Krater versehene Insel, aus deren Krater Feuer aufstieg, obwol sein tiefster Rand zur Flutzeit unter Wasser stand. Als Capitain Tillard die Insel besuchte, war ihre aus Asche und Schlacken bestehende Masse noch zu heiß, als daß man sie hätte erklimmen können; die See strömte bei der Flut mit Heftigkeit in den Krater ein, wo das Wasser unaufhörlich kochte; durch die fortgesetzten Auswürfe von glühenden Steinen, Sand und Asche wuchs der conische Berg auf der einen Seite des Kraters endlich zu 600 Fuß Höhe an. Dessenungeachtet aber war die Insel in den letzten Tagen des Februar 1812 wiederum völlig verschwunden.

Noch genauer sind die Berichte über die im Jahre 1831 im Mittelländischen Meere zwischen Sicilien und Pantellaria entstandene Insel Ferdinandea, Julia oder Graham — sogar noch vier andere Namen erhielt diese bald wieder verschwundene Insel. Etwa 8 Meilen von Sciacca (an der sicilischen Küste) entfernt, erschien im Jahre 1831 mitten im Meere eine neue vulkanische Insel. Ihrer Erscheinung unmittelbar vorher gingen einige nicht sehr bedeutende Erdstöße, welche fünf Tage lang, vom 28. Juni bis zum 2. Juli, die Bewohner von Sciacca in Schrecken setzten. Man ahnte damals durchaus nicht die Bedeutung dieser Erdstöße; nach dem letzten derselben begann indeß wahrscheinlich der Ausbruch, welcher die neue

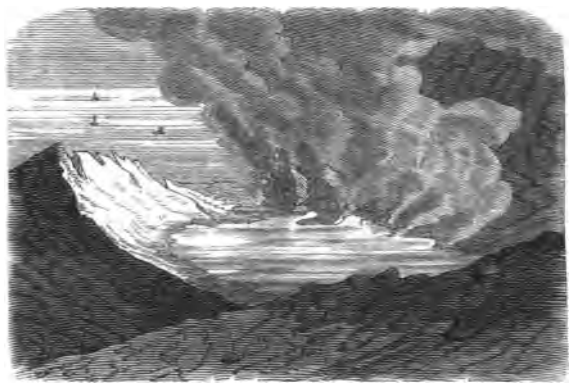
Insel erzeugte, auf dem Meeresgrund an einer Stelle, welche nach zuverlässigen Angaben etwa 600 bis 700 Fuß tief war. Das erste Erscheinen der dadurch erzeugten Beunruhigung an der Oberfläche des Meeres war bereits am 8. Juli durch ein vorübersegelndes Schiff wahrgenommen worden; man beschrieb dieselbe wie das Erheben einer großen Wassermasse, welche unter donnerähnlichem Getöse etwa 10 Minuten lang aufwärts sprudelte und dabei eine Höhe von 80 bis 90 Fuß erreichte. Sie sank dann wieder und wiederholte sich auf derselben Stelle in unregelmäßigen Zeitabständen von 15, 22 bis 30 Minuten, während sich aus ihr eine dicke Rauchwolke entwickelte, welche den ganzen Horizont einhüllte. Die Aufregung des Meeres in der Umgebung war sehr groß; viele todte Fische schwammen umher.

An der Küste von Sicilien sah man am Morgen des 12. Juli zuerst eine große Menge kleiner, fein poröser Schlackenstückchen umherschwimmen, welche ein frischer Südwestwind herbeitrieb. Man roch gleichzeitig auffallenden und lästigen Schwefelwasserstoffgasgeruch. Am 13. Juli mit Tagesanbruch sah man am Meereshorizont eine hoch aufsteigende Rauchsäule und am Abend eine Feuererscheinung in derselben, welche die Bewohner von Sciacca nicht mehr zweifeln ließ, daß ein vulkanischer Ausbruch sich ereignet habe. Von Zeit zu Zeit hörte man ein donnerähnliches Getöse herübertönen. Friedrich Hoffmann, welcher, damals gerade in Sicilien anwesend, sich am 24. Juli der Eruption zur See bis auf eine Viertelstunde näherte und dem wir schon das Obige entlehnten, beschreibt die ganze Erscheinung ferner wie folgt: Wir sahen deutlich, daß die hervorgetretene, noch flache schwarze Insel den Rand eines kleinen Kraters von etwa 600 Fuß im Durchmesser bildete, welcher in fortwährenden Ausbrüchen begriffen war und sich dadurch sichtlich immer höher hervorarbeitete, indem die ausgeworfenen Massen sich regelmäßig und nur durch die Windrichtung modificirt um ihn aufschütteten. Aus der Mündung dieses Kraters stiegen zunächst ununterbrochen und mit großer Heftigkeit, doch geräuschlos, große Ballen von schneeweißen Dämpfen auf. Sich aneinander kettend und einander durchrollend, bildeten dieselben eine besonders im Sonnenschein überaus prächtige, glänzende Säule, deren Erhebung über das Meer wir mit Wahrscheinlichkeit auf 2000 Fuß schätzten. Durch diese geräuschlos stets emporwirbelnde Rauchsäule schossen dann und wann schnell

vorübergehend schwarze Schlackenwürfe, welche die Dampfwolken mannigfach durcheinander rollten; das Prachtvollste der ganzen Erscheinung zeigte sich in den von Zeit zu Zeit erfolgenden heftigeren Ausbrüchen schwarzer Schlacken, Sand- und Aschenmassen. Unmittelbar unter und neben der weißen Rauchsäule erhob sich dann furchtbar drohend, oft bis zu 600 Fuß hoch und darüber, eine schwarze dichte Rauchsäule, welche an ihren oberen Enden sich garbenförmig ausbreitete. In derselben war ein ununterbrochenes heftiges Arbeiten der stets von neuem wieder hervorgeschleuderten Sand-, Aschen- und Steinmassen bemerkbar, welche zu Tausenden an ihrem Umfange rings umherflogen und herabstürzten. Jeder Stein, welcher durch den erhaltenen Schwung etwas weiter flog als die Hauptmasse, führte einen Schweif schwarzen Sandes hinter sich her, und es entstanden dadurch merkwürdig strahlenförmige Gruppirungen, wie Raketenbüschel von dunkler Farbe, oder wie Cypressenzweige, welche einen unbeschreiblich schönen Anblick gewährten. Während der ganzen Dauer dieses drohenden Phänomens zischte das Meer von den zahlreichen in dasselbe niederfallenden, offenbar stark erhitzten Sand- und Aschenmassen; weiße Dampfmassen stiegen rings aus demselben empor und entzogen bald die Insel unseren Blicken. Inzwischen ließ sich ein Platzen und Rasseln der in der Luft aneinanderschlagenden Steine und ein Rauschen wie das eines niederfallenden Hagelschauers oder heftigen Regengusses vernehmen. Keine Flammen fuhren aus dem Krater und kein Leuchten war in demselben erkennbar; dagegen sah man in den Augenblicken hoher Steigerung des Auswurfes eine große Zahl von oft hellleuchtenden Blitzen durch die schwarze Aschensäule hin- und herzucken, und einem jeden derselben folgte deutlich ein lauter und anhaltender Donner, welcher, von fern gehört, oft ein gleichförmig fortrollendes Getöse zu sein schien. So dauerte diese majestätische Erscheinung wechselnd oft nur 8 bis 10 Minuten und selbst bis nahe an eine Stunde lang ununterbrochen fort, dann verschwand sie, und es trat eine minder lange Periode der Ruhe ein, während welcher nur das Ausstoßen der Dampfballen fortdauerte.

Diese Reihenfolge von Ausbrüchen schüttete die neue Insel, welche man unter anderen mit dem Namen Ferdinandea belegte, in kurzer Zeit bis zur Höhe von 200 Fuß über dem Meere und bis zu dem Umfange von einer Viertelstunde auf, und nachdem sie immer schwächer

und schwächer geworden waren, endigten sie am 12. August, etwa einen Monat nach ihrem Anfange. Die neue Insel konnte nun gefahrlos betreten und von den Engländern in Besitz genommen werden; doch übten die Wellen des Meeres auf den überall frei hervorragenden lockern Sand- und Schlackenberg so wirksam und sichtlich ihre zerstörende Kraft, daß schon im December desselben Jahres nichts mehr von der Insel zu sehen war. Später blieb nicht einmal eine die Schifffahrt störende Sandbank zurück, obwol am 16. Mai 1833 an derselben Stelle neue, aber spurlos vorübergegangene Ausbrüche begonnen haben sollen.



Krater der Insel Ferdinandea bei Sciacca um Mitte August 1831.

Auch im Atlantischen Meere, $^1/_2$ Grad südlich vom Aequator, in der Verlängerung einer von St. Helena nach Ascension gezogenen Linie, hat die Natur seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts wiederholte Versuche zur Bildung einer vulkanischen Insel oder eines vulkanischen Archipelagus gemacht, welche jedoch bei der Tiefe des dortigen Meeres noch nicht an die Oberfläche hervorgetreten sind. Aber Wasserbeben, Rauchsäulen und schwimmende Schlacken sind in dieser Gegend des Meeres mehrfach bemerkt worden.

Eine der neuesten Erscheinungen dieser Art ereignete sich im Februar 1839, etwa 5 Grad westlich von Valparaiso, unweit der Insel Juan-Fernandez, wo unter Feuer- und Rauchausbrüchen drei Inseln aus dem Meere emporstiegen, die in einer Linie von Norden nach Süden hintereinander lagen, aber, mit Ausnahme der nördlichsten, bald wieder verschwanden.

Das großartigste Beispiel einer solchen Inselbildung dürfte jedoch im Meere von Kamtschatka in der Kette der Aleuten vorgekommen sein. Dort sah man im Jahre 1796, etwa 45 Werst westlich von der Nordspitze der Insel Unalaschka, nördlich von der Insel Umnack, in der Nähe eines isolirten Felsens gewaltige Dampfmassen aufsteigen, welche diesen Felsen auf längere Zeit verhüllten und unzugänglich machten, während welcher Zeit Unalaschka von fast unaufhörlichen Erdstößen erschüttert wurde. Als man sich später in seine Nähe wagte, fand man eine kegelförmige Insel, aus deren Gipfel Dämpfe ausgestoßen und Schlacken ausgeworfen wurden; diese Auswürfe dauerten fort bis zum Jahre 1823, worauf der Vulkan nur noch dampfte. Im Jahre 1819 hatte die Insel, welche den Namen Joanna Bogosslowa erhielt, fast 4 geographische Meilen Umfang und, nach Wassiljeff's Messung, eine Höhe von 2100 Fuß; als sie aber im Jahre 1832 von Tebenkoff untersucht wurde, hatte sich ihr Umfang auf 2 Meilen und ihre Höhe auf 1400 Fuß vermindert. Der ganze Meeresgrund zwischen dieser neuen Insel und Umnack ist erhöht worden, und während Cook im Jahre 1778 und Sarnitscheff im Jahre 1790 mit vollen Segeln darüber hinfahren konnten, sperren jetzt zahllose Riffe und Klippen die Schifffahrt. Nach den Berichten von Baranoff scheint die Insel in der Hauptsache nur aus losen Auswürflingen zu bestehen. Ihre bedeutende Größe und längere Dauer lassen jedoch vermuthen, daß wol auch Erhebungen des festen Meeresgrundes stattgefunden haben mögen.

Man hat zuweilen geglaubt, daß einige Vulkane statt geschmolzener Lavamassen nur Wasser und Schlamm, sogar mit Fischen darin, ausspieen.

Es sind jedoch diese Wasser- und Schlammergießungen jedenfalls nur zufällige äußere, nicht in der vulkanischen Thätigkeit selbst begründete Erscheinungen. Theils rühren sie von plötzlich geschmolzenen Schneemassen in die Schneeregion aufragender Vulkangipfel oder von heftigen Wolkenbrüchen her, theils aber auch, und so namentlich bei einigen Vulkanen Quitos, stammen sie aus unterirdischen Höhlenräumen, die mit Wasser gefüllt sind und in denen eine kleine Fischart, Pimelodus Cyclopum, in großer Menge lebt. Durch die heftigen Erschütterungen der innern Thätigkeit reißen oft Spalten in diesen Bergen auf, durch welche das mit Fischen bevölkerte Wasser dieser Höhlenräume gewaltsam hervorstürzt und, bald genug in eine

Schlammflut verwandelt, ſich über die benachbarten Hochebenen als „Moja" ergießt, wo dann zuweilen der Geſtank der zahlloſen verweſenden Fiſche weit und breit unerträglich geworden iſt.

Außer dieſen Fällen, wo eine Waſſer- und Schlammergießung von gewöhnlichen Vulkanen ausgeht, gibt es aber auch noch beſondere ſogenannte Schlammvulkane oder Salſen, die nur entfernter mit der eigentlichen vulkaniſchen Thätigkeit in Verbindung zu ſtehen ſcheinen. Es ſind dies mächtige Anhäufungen von thonigem Schlamm, aus denen theils brennbare, theils andere Gasarten hervortreten, indem ſie, ſobald der Schlamm durch Austrocknen eine feſte Kruſte zu bekommen anfängt, dieſe aufblähen und um kraterartige Oeffnungen herum zu kleinen Kegeln aufwerfen.

Solche Schlammvulkane, aus denen zuweilen auch brennende Gasarten zu hohen Flammen aufſchlagen, oder Naphta, Bergöl und

Luftvulkane bei Purbara in der Nähe von Cartagena in Neu-Granada.

Salzlöſungen hervorquellen, kennt man bei Girgenti auf Sicilien unter dem Namen Macaluba, bei Saſſuolo in Modena, in der Krim, auf der Halbinſel Taman, an den Ufern des Kaſpiſchen Meeres, auf Java, auf Trinidad und bei Cartagena in Neu-Granada; von den letzteren hat A. v. Humboldt die vorſtehende Abbildung geliefert.

Mit den Vulkanen stehen die Erdbeben in innigster Wechselbeziehung. Nicht nur sind die vulkanischen Gegenden zugleich die am häufigsten von Erdbeben heimgesuchten, sondern es ist auch schon mehrmals beobachtet worden, daß Erdbeben mit der Eruption eines benachbarten Vulkans schlossen, und fast jeder vulkanische Ausbruch pflegt von einem kleinen Erdbeben eingeleitet zu werden. Aber nicht immer treffen beide Phänomene auch historisch oder geographisch zusammen, die räumliche Ausdehnung mancher Erdbeben ist eine so große, daß sie weit über die Bezirke vulkanischer Thätigkeit hinausreichen. In dem langen Gürtel der südamerikanischen Vulkane hat man beobachtet, daß gerade die größeren Zwischenräume der Vulkane am häufigsten von Erdbeben heimgesucht werden, und daß auch zeitlich die Erdbeben am heftigsten eintreten, wenn lange keine vulkanische Eruption stattfand, oder daß sie sogleich aufhören, wenn ein benachbarter Vulkan seinen Schlund öffnet, so daß man diese Wirkung der eines Sicherheitsventiles vergleichen kann.

Man hat vorgeschlagen, einen Unterschied zu machen zwischen vulkanischen und plutonischen Erdbeben, indem man mit ersterer Bezeichnung die den Eruptionen vorausgehenden localen Bodenerschütterungen bezeichne, mit letzterer die von den localen Eruptionen unabhängigen.

Das Erdbeben, welches am 1. Nov. 1755 Lissabon zerstörte, ward gleichzeitig beinahe in allen Theilen Europas, an vielen Punkten der Nordküste Afrikas, auf den kleinen Antillen und in den Küstenländern Nordamerikas verspürt. Man hat hiernach berechnet, daß sich diese Erschütterung über eine Oberfläche von etwa 700,000 Quadratmeilen, also ungefähr über den 13ten Theil der ganzen Erdoberfläche ausbreitete. Dies ist nun allerdings eines der ausgebreitetsten unter den genauer bekannten Erdbeben, aber annähernd sind ihm viele andere an Ausbreitung gleichgekommen, und an Heftigkeit wurde es von mehren übertroffen.

Die Verbreitungsform der Erdbeben ist wie die der Vulkane theils eine der Kreisform genäherte centrale, theils eine mehr lineare, in einer Richtung verlängerte.

Das Wesentliche aller Erdbeben besteht in Erschütterungen oder wirklichen Bewegungen des Erdbodens. Diese sind theils wellenförmig sich fortbewegende, theils auf- und niederstoßende.

Diese wesentlichen Erscheinungen sind nun aber sehr häufig, ja

Erdbeben zu Meſſina.

faſt ſtets verbunden mit unterirdiſchem Getöſe (Rollen, Donnern und Klirren), Bodenzerſpaltungen ſeltener und zum Theil mehr zufällig, auch wol mit dem Hervorbrechen von Gaſen, Dämpfen und Feuerflammen, ganz zufällig vielleicht mit heftigen Windſtößen

und Gewittern, mit eigenthümlichen Naturerscheinungen und mit allgemeinen ungewöhnlichen Schwankungen der Magnetnadel.

Man hat auch gewisse Vorzeichen der Erdbeben unterscheiden wollen; durch genauere Untersuchungen hat sich aber noch keines derselben bestätigt.

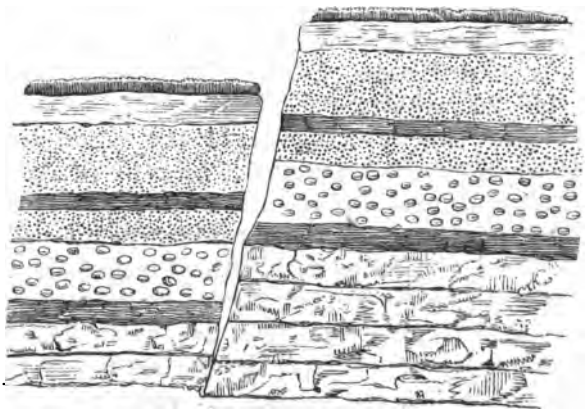
Die Dauer der einzelnen Erdbebenstöße ist gewöhnlich nur eine sehr kurze, einige Secunden oder Minuten kaum übersteigende; aber sie pflegen sich öfters in unbestimmten, zuweilen sehr kurzen Zeiträumen zu wiederholen.

Die für den Menschen und seine Werke so nachtheiligen Wirkungen der Erdbeben dürfen wir als hinreichend bekannt voraussetzen; hier kommt es mehr darauf an, die dauernden geologischen Folgen derselben zu zeigen und ihren Zusammenhang mit der vulkanischen Thätigkeit, ja mit der Erdbildungsgeschichte überhaupt, näher nachzuweisen.

Doch kann ich nicht unterlassen, auf jene Stelle im Kosmos hier hinzuweisen, wo der Eindruck der Erdbeben auf das Gemüth des Menschen mit so lebhaften Farben geschildert wird: „Was uns so wundersam ergreift, ist die Enttäuschung von dem angeborenen Glauben an die Ruhe und Unbeweglichkeit des Starren, der festen Erdschichten. Von früher Kindheit sind wir an den Contrast zwischen dem beweglichen Element des Wassers und der Unbeweglichkeit des Bodens gewöhnt, auf dem wir stehen. Alle Zeugnisse unserer Sinne haben diesen Glauben befestigt. Wenn nun urplötzlich der Boden erbebt, so tritt geheimnißvoll eine unbekannte Naturmacht als das Starre bewegend, als etwas Handelndes auf. Ein Augenblick vernichtet die Illusion des ganzen frühern Lebens."

Die wichtigsten geologischen Folgen der Erdbeben sind die Zerspaltungen des Bodens und die Veränderungen seines Niveaus. Sehr häufig reißen bei Erdbeben lange und tiefe Spalten in der festen Erdkruste auf, deren beide Seitenwände sich zuweilen etwas aneinander verschieben, der Art, daß sie sogenannte Verwerfungen der zerspaltenen Schichten hervorbringen. Diese Spalten sind, insofern sie von einem Erdstoße herrühren, gewöhnlich untereinander parallel, und sie erinnern durch ihre ganze Natur außerordentlich an die sogenannten Gangspalten, in welchen sich gewisse Erze und andere Mineralien vorzugsweise häufig abgelagert zeigen. Die Aehnlichkeit des Vorkommens ist so groß, daß die meisten Geologen in

der That annehmen, die Spalten der Erzgänge seien durch frühere Erdbeben gebildet worden.



Verwerfung der Schichten durch eine Erdbebenspalte.

Die Niveauänderungen durch Erdbeben sind in neuester Zeit besonders häufig an den Küsten Chile's beobachtet worden, wo mehrfach im Laufe der letzten dreißig Jahre große Landstrecken um einige Fuß gehoben worden sind, ohne daß dadurch ihre horizontale Lage bemerkbar verändert worden wäre, und wo zugleich eine große Zahl übereinanderliegender Spuren alter Meeresufer aufgefunden worden ist, aus denen sich schließen läßt, daß solche Niveauänderungen auch außer und vor den direct beobachteten mehrfach stattgefunden haben.

Aber Chile ist nicht das einzige Land, welches solche Beispiele darbietet. Auch in Italien, in Ostindien und in Scandinavien kennt man ähnliche aus älterer Zeit mehrfach. Gewöhnlich haben Erhebungen stattgefunden, zuweilen aber auch Senkungen, oder beide miteinander wechselnd. Dabei müssen diese Bewegungen zum Theil so stetig erfolgt sein, daß der innere und äußere Bau der gehobenen Erdkrustentheile, ja sogar die darauf stehenden Gebäude wesentlich unzerstört blieben. Am deutlichsten lassen sich diese Vorgänge früherer Perioden aus gewissen Bauwerken erkennen, die sichtbar einem wechselnden Meeresniveau unterworfen waren, während es doch unzweifelhaft ist, daß der Meeresspiegel selbst seit Jahrtausenden sich nicht verändert hat.

An den Küsten Schwedens hat man sogar erkannt, daß ein Theil dieses Landes seit Jahrhunderten in einem ganz allmäligen Aufsteigen begriffen ist, ohne daß merkbare Erschütterungen damit verbunden sind, und im Stillen Ocean hat C. Darwin durch Koralleninseln weite Strecken (Senkungsfelder) nachgewiesen, deren Felsboden seit Jahrtausenden im langsamen Niedersinken begriffen gewesen sein muß, während einige benachbarte vulkanische Gebiete sich in denselben Zeiträumen etwas erhoben haben (Erhebungsfelder).

Dieses Phänomen des Steigens oder Sinkens großer Erdkrustentheile, welches sich schwer mit einem durchaus starren und soliden Erdkörper würde vereinigen lassen, liefert uns zugleich einen Beweis der Möglichkeit, daß ganze Welttheile langsam oder ruckweise, Theil für Theil oder auf einmal weit über den früher sie bedeckenden Meeresspiegel emporgehoben werden konnten, ohne daß dabei ihr innerer Bau wesentlich zerstört wurde, und daß ebenso andere, die früher vorhanden waren, unter das Meer hinabsinken konnten. Genug, diese continentalen Erhebungen, welche sehr zu unterscheiden sind von den localen Gebirgserhebungen mehr vulkanischer oder eruptiver Natur, belehren uns auf das Bestimmteste über die Möglichkeit vielfachen Wechsels in der Vertheilung von Wasser und Land.

Es führen uns diese großartigen Vorgänge zugleich zurück auf die Hypothese über die Ursache und Natur der Vulkane, mit der dieser Abschnitt begann.

Alle Thatsachen, die man über Vulkane und vulkanische Thätigkeit bis jetzt kennt, lehren, daß dieselben zu den ganz allgemeinen Eigenschaften des Erdkörpers gehören und folglich auch von einer ganz allgemeinen Ursache herrühren müssen. Die hohe Temperatur der Laven, verglichen mit der factischen Wärmezunahme des Erdinnern, und die außerordentliche Verbreitung der vulkanischen Erschütterungen gleichzeitig über $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{13}$ der ganzen Erdoberfläche lehren uns ferner, daß der Sitz dieser Ursache ein sehr tief innerlicher sein müsse. Bringen wir nun diese Erfahrungen in Verbindung mit denen über die Erdwärme, über die Form und Lagerungsverhältnisse der Eruptivgesteine und mit der Hypothese über die Entwickelung des Erdkörpers aus einem einst durchaus heißflüssigen Zustande, so wird es allerdings nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens sehr wahrscheinlich, daß die Vulkane nichts anderes sind, als Folgen und Ergießungen des noch jetzt heißflüssigen Zustandes

im Erdinnern. Ihre Kraterschlünde sind in gewissem Grade constant gewordene Verbindungswege dieses Erdinnern mit der Erdoberfläche. Wird der flüssige Kern, sei es nun durch seculäre Zusammenziehung der kälter werdenden Kruste, durch Niedersinken gewisser Krustentheile, durch Einwirkung von Sonne und Mond oder durch Dampfbildungen irgend einer Art gepreßt oder heftig bewegt, so entstehen Erdbeben mit ihren Folgen, oder vulkanische Eruptionen, bis das Gleichgewicht auf die eine oder die andere Weise wieder hergestellt ist.

Das heißflüssige Erdinnere wird dabei local in einem Kraterschlunde als Lava emporgepreßt und kommt, wenn nicht schon in der Tiefe, jedenfalls auf dem Wege in Berührung mit Wassermassen, die durch Einwirkung der großen Hitze schnell in Dämpfe von sehr hoher Spannung verwandelt werden und nun die eigenthümlichen Eruptionserscheinungen in außerordentlichem Grade befördern und steigern. Sehr begreiflich ist es, daß diese constanten Verbindungswege so häufig in langen Reihen hintereinander gefunden werden; sie liegen in diesem Falle auf langen Spalten der festen Erdkruste, und wo das, wie bei den Centralvulkanen, nicht der Fall ist, da können wir eine mehrfache Kreuzung oder eine radicale Stellung mehrer kürzerer Zerspaltungen in der festen Erdkruste voraussetzen.

Begreiflich ist ferner das besonders häufige Vorkommen der Vulkane in der Nähe der Küstenlinien, in welchen Regionen bei der Erhebung der Continente gerade sehr leicht Zerspaltungen entstehen mußten. Möglich, daß die Nachbarschaft des Meerwassers, wo sie einmal vorhanden ist, dann auch noch einen besondern Einfluß auf die Häufigkeit der Eruptionen und auf die besondere Natur derselben, z. B. der dabei vorkommenden Sublimationserscheinungen, ausübt.

Die vulkanische Thätigkeit wirkte von jeher, d. h. so lange es eine feste Erdkruste gab, umgestaltend auf diese und ihre Oberfläche ein. Alle Gebirgsketten sind eine Folge derselben. Aber die besondere Natur ihrer Folgen scheint sich fortwährend geändert zu haben mit der Zunahme der festen Kruste an Dicke.

Eine dünnere Kruste war leichter zu sprengen, die Ausflüsse erfolgten darum häufiger, an fast immer neuen Stellen und durch größere Oeffnungen. Die Ränder der dünnern Kruste wurden leichter wallartig mit aufgerissen; es bildeten sich nicht constante

Krater aus, mit schlotförmigen Schlünden und hohen Aufschüttungskegeln um dieselben herum. Gewöhnlich vielmehr erstarrten die empordrängenden Massen in den Zerspaltungen, sie für immer erfüllend und schließend, während neues Emporbrängen auch neue Wege öffnete. In der Neuzeit dagegen sind diese Wege bei dickerer zu durchbrechender Kruste auch weit constanter geworden, es sind so die echten Vulkane mit ihren Erhebungs- und Aufschüttungskegeln-Kratern und Lavaströmen entstanden.

Was die Geologen eruptive Gesteine nennen: Basalte, Melaphyre, Grünsteine, Porphyre, Granite u. s. w., das Alles ist sehr wahrscheinlich lavaartig aus der Tiefe emporgepreßt worden und in oder über den Spalten, größtentheils wol aber in der Tiefe, nicht an der Erdoberfläche, zu festem Gestein erstarrt, wenn auch später zum Theil wieder vielfach verändert durch langsame Umwandlung (Metamorphose). In diesem Sinne sind also alle Eruptivgesteine vulkanische.

III.

Die geologischen Wirkungen des Wassers.

Kreislauf des Wassers auf der Erde. — Quellen, deren Entstehung, warme Quellen, artesische Brunnen. — Auflösungen und Ablagerungen durch Quellen. — Geysire Islands. — Thalbildung durch Wasser. — In Südrußland. — Am Niagara. — Nicht alle Thäler können durch Wasser gebildet sein. — Alpenthäler. — Sand- und Schlammgehalt der Flüsse. — Ablagerungen der Flüsse. — Deltabildungen. — Das Meer. — Seine Tiefe. — Die Bewegungen desselben. — Ablagerungen aus dem Meere. — Verdunstung und Niederschlag. — Deren geologische Wirkungen. — Rückblick.

Das Wasser ist auf der Erde in einem beständigen Kreislauf begriffen. Aus den großen vielfach bewegten Sammelbecken des Meeres steigt es in Dunstgestalt auf, treibt zu Wolken geballt über die Oberfläche der Erde hin, fällt als Regen oder Schnee auf das Land nieder, bringt zu ungleichen Tiefen in den Boden ein, rieselt in Quellengestalt daraus hervor und strömt in mächtigen Flüssen dem allgemeinen Sammelbecken wieder zu. So ist alles Wasser in steter Bewegung und ein Theil desselben unter verschiedener Gestalt stets auf Reisen. Ueberall aber wirkt es in gewissem Grade umgestaltend auf die Oberfläche des festen Erdkörpers ein. Hier löst es gewisse Theile chemisch auf, um sie an anderer Stelle als mehr oder weniger krystallinischen Niederschlag wieder abzulagern; dort reißt es Theile mechanisch mit fort, die an ruhigeren Stellen ebenso mechanisch wieder zu Boden fallen. Ueberall aber wirkt es nivellirend, einebenend, d. h. es trägt die hervorragenden Theile der festen Erdkruste ganz allmälig in ihre Vertiefungen. Diese Wirkungen sind ungefähr die entgegengesetzten von denen der vulkanischen Thätigkeit, und beide halten sich gegenseitig ungefähr im Gleichgewicht. Was die einen aufbauen, zerstören die andern, und umgekehrt. Wir wollen

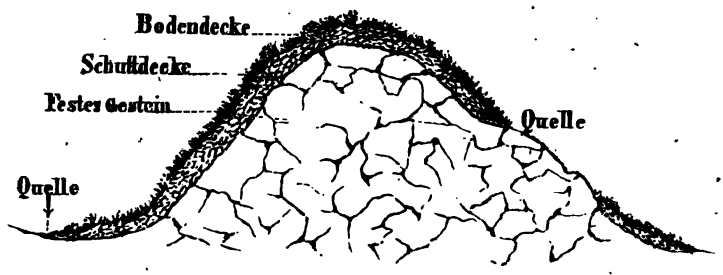
im Nachſtehenden einige der intereſſanteſten und auffallendſten geologiſchen, d. h. umgeſtaltenden Wirkungen des Waſſers näher betrachten.

Wo wir in den Kreislauf des Waſſers eintreten, iſt ziemlich gleichgiltig. Dem ſo oft bildlich gebrauchten Worte zu Liebe beginnen wir mit den Quellen.

Die Quellen ſind mit ſehr wenigen, durch beſondere Umſtände veranlaßten Ausnahmen nichts anderes, als der Theil des aus der Atmoſphäre auf die Landoberfläche niedergefallenen Waſſers, welches bis zu einer gewiſſen Tiefe in den Boden eingedrungen iſt und dann an einzelnen Stellen zu Quellen verbunden wieder hervortritt. Das iſt die einfache Erklärung ihrer Bildung. Alle anderen Quellentheorien, welche oft mit großer Kunſt und Aufwand von vermeintlichem Scharfſinn aufgeſtellt worden ſind, haben ſich als unbegründete Phantaſieſpiele ergeben.

Die Stellen aber, wo das durch die Oberfläche eingedrungene Waſſer als Quelle wieder zu Tage tritt, ſind bedingt durch den innern geognoſtiſchen Bau. Die Betrachtung der einfachſten Fälle wird das am beſten verdeutlichen.

Die äußerſte Oberfläche des Landes, der Berge und Hügel wie der Thäler, beſteht in der Regel aus einer mit Vegetation bedeckten Bodenſchicht, und unter dieſer folgt zunächſt gewöhnlich eine Schuttlage aus zum Theil verwitterten Geſteinsbrocken der darunter feſt anſtehenden Felsmaſſe, oder aus Sand und Gerölle beſtehend. Alle dieſe äußeren Bodenſchichten laſſen das auf die Oberfläche fallende



Erſter Fall der Quellenbildung.

Waſſer ſehr leicht durchſickern; wenn nun aber unter ihnen eine dichte, das Waſſer ſchwer oder nicht durchlaſſende Geſteinsbildung folgt, ſo muß auf deren Oberfläche das eingedrungene Waſſer ſich anſam-

meln, und wenn sie etwas geneigt ist, nach dem tiefsten Punkte hin zusammenrinnen. An diesem tiefsten Punkte aber kann sich unmöglich alles auf diese Weise zusammenrinnende Wasser anhäufen, es findet vielmehr hier irgend einen Ausweg, bildet eine Quelle, die um so reichlicher und nachhaltiger fließen wird, je größer und ausgedehnter das Sammelrevier derselben ist, so daß nicht nur genug Wasser in dessen Oberfläche einsickert, sondern auch zum Theil an so entfernten Punkten, daß der Weg, den das Wasser braucht, um von ihnen bis zum Quellpunkte zu gelangen, mindestens so viel Zeit in Anspruch nimmt, als die regenlosen Intervallen derselben Gegend.

Dies ist der Ursprung einer sehr großen Anzahl von Quellen, die am Fuße oder Abhang von Bergen oder sanften Anhöhen hervorsprudeln, am häufigsten in den buchtförmigen Einsenkungen ihrer Oberfläche. Quellen dieser Art besitzen immer nur ungefähr die mittlere Temperatur der Gegend, sie erscheinen deshalb im Sommer kälter, im Winter wärmer als die Luft.

Auf dem Wege durch die Bodenkrume und durch die Schutt- oder Geröldecke löst das in verhältnißmäßig sehr reinem Zustande eingedrungene Regen- oder Thauwasser Alles auf, was es an auflöslichen Bestandtheilen vorfindet und aufzunehmen vermag. Das ist, zumal bei so niederer Temperatur, nur sehr wenig; meist etwas Kohlensäure, die im festen Erdinnern ungemein vertheilt, sich stets zu entwickeln scheint, einige Alkalien und Salze, etwas Kalk- oder Kieselerde, aber in so geringen Mengen, von allen so wenig, daß es schwer ist, diese Bestandtheile aufzufinden, aber doch genug, um den meist erfrischenden und stets etwas ungleichen Geschmack der Quellen zu bedingen.

Sie sind alle in gewissem Grade Mineralquellen und entführen auf diese Weise der festen Erdkruste ununterbrochen und an unzähligen Punkten gleichzeitig einige feste Bestandtheile, die an den Mündungen der Quelle, in Landseen, oder in der Tiefe des Meeres wieder zur Ablagerung gelangen.

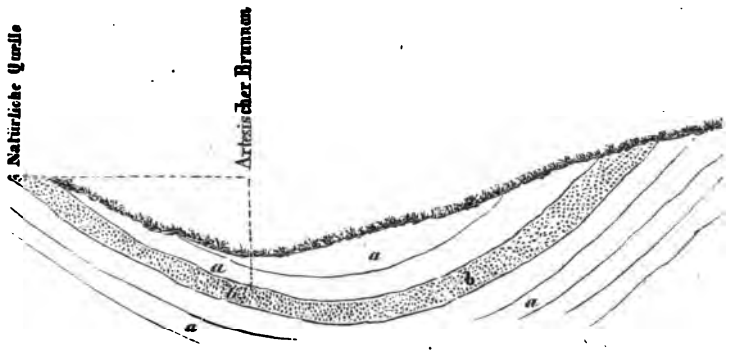
Ein zweiter, höchst einfacher Fall der Quellenbildung wird bedingt, wenn der ganze obere Theil einer Anhöhe oder eines Berges aus einem das Wasser leicht durchlassenden Gestein besteht, der untere dagegen aus einem beinah oder ganz wasserdichten. In diesem Falle wird alles atmosphärische Wasser, welches auf jenen obern Theil des Berges niederfällt, bis zu der Grenze des wasserdichten Gesteins

Zweiter Fall der Quellenbildung.

hinabſickern; iſt nun dieſe Grenze etwa nach einer Seite hin geneigt, oder gar muldenförmig nach einem Punkte hin ausgetieft, ſo wird ſich alles Sickerwaſſer auf ihr nach jener Seite oder nach jenem Punkte hinziehen und dort als Quelle hervortreten, deren Reichthum und Nachhaltigkeit wieder ganz von der Größe der Oberfläche ihres Gebietes und der Menge der atmoſphäriſchen Niederſchläge abhängig iſt.

Das Waſſer ſolcher Quellen dringt etwas tiefer in die feſte Erdkruſte ein, als das der gewöhnlichſten vorhin geſchilderten; es erwärmt ſich darum auch etwas mehr, ganz nach den Geſetzen der Wärmezunahme im Erdinnern. Die meiſten ſo entſtandenen Quellen beſitzen daher eine merkbar höhere Temperatur, als die mittlere der Gegend iſt, ja in hohen und ſchroffen Gebirgen ſteigert ſich dieſe Erwärmung ſogar bis auf 40, 50 Grad, und es entſtehen dadurch ſogenannte heiße Quellen. Aller Wahrſcheinlichkeit nach haben die heißen Quellen von Leuk, Pfeffers und Gaſtein in den Alpen keinen andern Urſprung ihrer hohen Temperatur als den, daß das Regen- und Thauwaſſer erſt 5000 bis 6000 Fuß in das Innere der benachbarten hohen und ſteilen Bergmaſſen eindringt, ehe es an ihrem Fuß hervorquillt.

Solche Quellen haben dann natürlich auch oft viel mehr Gelegenheit und Befähigung, mineraliſche Beſtandtheile aufzulöſen, als gewöhnliche, da ſie meiſt einen weitern Weg durch Geſteine zurückzulegen haben und zum Theil mit einer erhöhten Temperatur, welche ihre auflöſende Kraft vermehrt. Sie ſind deshalb öfter ſogenannte Mineralquellen als die vorher betrachteten, doch iſt das nicht unbedingt nöthig, hängt vielmehr ſehr von der Natur der durchſickerten Geſteine ab, wie denn z. B. die vorhin erwähnten warmen Quellen der Alpen nach den üblichen Begriffen kaum zu den eigentlichen Mineralquellen gehören, von denen man verlangt, daß der mineraliſche Gehalt ſich durch Geſchmack oder beſondere Wirkung ſehr deutlich zu erkennen gebe.



Dritter Fall der Quellenbildung.

Eine dritte Art des innern (geognostischen) Baues, welcher zur Quellenbildung Veranlassung gibt, ist der, daß wasserdurchlassende Gesteinsschichten zwischen wasserdichten liegen, während das ganze System dieser Schichten mulden- oder beckenförmig gestaltet ist.

Wenn nun in solchem Falle die eine Seite der wasserdurchlassenden Schicht b in einem höhern Niveau an die Oberfläche hervortritt als die andere, oder als irgend ein Theil der andern, so wird alles Wasser, was auf der höher gelegenen Seite in diese Schicht eindringt, auf der niedriger gelegenen Seite wieder hervorquellen, und so kann es geschehen, daß Quellen auf Anhöhen entspringen, die gar nicht zu ihrer Speisung beitragen, während ihre Zuflüsse vielleicht von ziemlich entfernten, noch höheren Gegenden herkommen und einen weiten unterirdischen Weg, möglicherweise unter zwischenliegenden Vertiefungen hinweg, zurücklegen. Diese Fälle bieten zugleich Gelegenheit zu sogenannten artesischen Bohrbrunnen. Wenn man z. B. in der durch vorstehende Figur im Querschnitt dargestellten Vertiefung die wasserdichten Schichten a durchbohrt, so wird das in der wasserreichen Schicht b angestaute Wasser gewaltsam durch das Bohrloch emporsteigen, und möglicherweise durch aufgesetzte Röhren bis in das Niveau des natürlichen Quellenpunktes der Schicht b emporgeleitet werden können.

Quellen dieser Art, mögen sie nun auf natürlichem oder auf künstlichem Wege — durch ein Bohrloch — ausfließen, besitzen, wie die vorigen, weil sie aus einer gewissen Tiefe kommen, stets eine höhere Temperatur als die mittlere der Gegend ist, und zwar eine um so höhere, aus je größeren Tiefen sie kommen. Ihre Temperatur

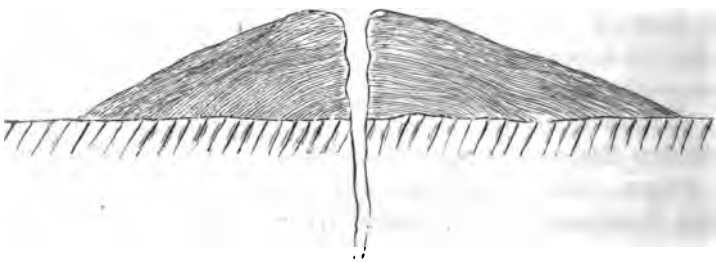
und der weite Weg, den ſie zuweilen durch Geſteine zurücklegen, veranlaſſen, daß ſie ſehr oft beſonders mineralhaltig ſind und zu den ſpecifiſch ſogenannten Mineralquellen gehören. Haben ſie auf ihrem Wege Steinſalzlager durchdrungen, ſo ſind ſie Salzſoolen.

Es verſteht ſich von ſelbſt, daß alle dieſe hier möglichſt einfach dargeſtellten Fälle in der Natur der größten Mannigfaltigkeit unterworfen ſind. Namentlich braucht in dem letztern derſelben die unterirdiſche Waſſerleitung keineswegs gerade eine beſondere Geſteinsſchicht zu ſein, die zufällige Verbindung mehrer offnen Klüfte und mancherlei andere Umſtände können ganz ähnliche Reſultate liefern.

Die aus großer Tiefe kommenden Mineralquellen führen natürlich in der Regel weit mehr feſte Beſtandtheile aus dem Erdinnern mit an die Oberfläche, als die ſehr oberflächlichen. Man hat berechnet, daß die carlsbader Quellen allein jährlich 130,000 Centner kohlenſaures Natron und 200,000 Centner Glauberſalz zu Tage fördern.

Aber noch weit mehr beträgt das Quantum feſter Theile, welches einige Salzſoolen und manche kalkartige Quellen aus dem Erdinnern an die Oberfläche führen. Die letzteren lagern ihre Kalktheile gewöhnlich ganz in der Nähe ihrer Mündungen ab und bilden hier zuweilen ſehr mächtige Anhäufungen von Kalktuff oder Travertin. In einigen Gegenden, z. B. in Ungarn und in Algier, haben ſich dieſe Abſätze rings um die Quellen her angeſetzt und ſo allmälig kleine Kegelberge aufgebaut, aus deren Gipfeln das Waſſer hervorſprudelt. Ihre Geſtalt gleicht im kleinen Maßſtabe der der vulkaniſchen Auswurfskegel, und in der That iſt auch eine gewiſſe Analogie ihrer Bildung unverkennbar. Da ſie aus lauter allmälig übereinander gebildeten dünnen Schichtabſätzen beſtehen, ſo kann man ſich ihren Querſchnitt ideal ungefähr denken wie in folgender Abbildung.

Quellenkegel



Ganz dieſelbe Form wiederholt ſich auch an den Geyſerkegeln, nur daß ihre Maſſe nicht aus kohlenſaurem Kalk, ſondern aus Kieſelerde beſteht. Die Geyſer Islands (ſ. S. 49) zeigen überhaupt ſo eigenthümliche Erſcheinungen und ſind in neueſter Zeit ſo gründlich unterſucht worden, daß wir etwas näher auf ſie eingehen wollen.

Die Beſchaffenheit des Quellwaſſers, namentlich deſſen Temperatur, zeigt ſich auf Island ſehr verſchieden, und ebenſo ungleich werden andere Eigenſchaften der Quellen gefunden. Einige Quellen ſind nur lauwarm, andere ſiedend heiß; dieſe fließen ruhig, ſie laſſen keine Aufwallungen wahrnehmen; jene dagegen ſprudeln empor, kochen fortwährend auf, und manche, denen nur periodiſch ſolche Erſcheinungen eigen ſind, bilden ſelbſt mehr oder weniger beträchtliche Fontainen. In der Sprache der Eingebornen heißen letztere Quellen Huerer oder Geyſer, die erſteren aber, die ruhig fließenden, Laugar.

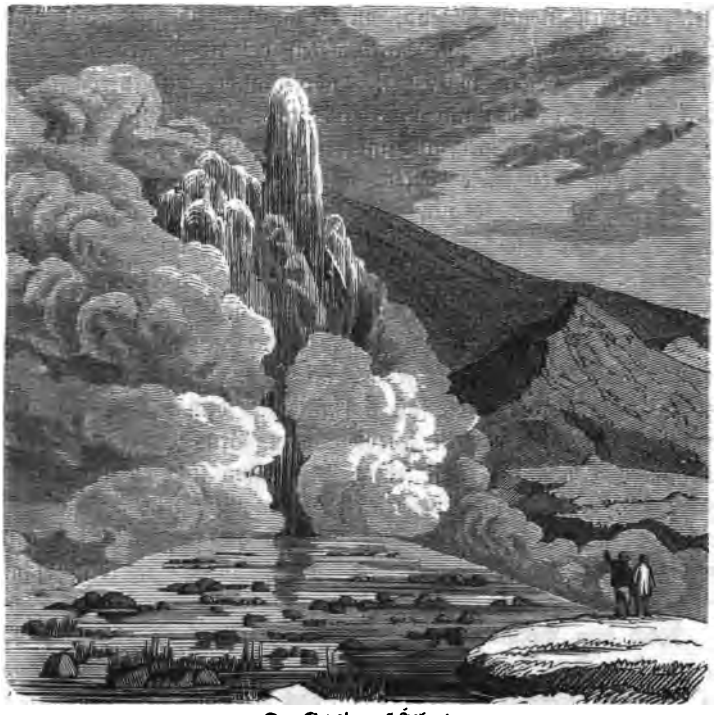
Sartorius von Waltershauſen, der Island im Jahre 1846 in Begleitung des Prof. Bunſen bereiſte, beſchreibt den großen Geyſer, oder nach isländiſcher Schreibart Geysir, in folgender Weiſe: In einer etwa 2 Meilen breiten Ebene, die ſich vom Fuße des Blafell gegen das Ufer des Meeres hin erſtreckt und ſich hier mit dem flachen mooriegen Küſtenlande zwiſchen dem Ingolfsfjall und Eyjafjallajökull verbindet, liegt das Quellenſyſtem des großen Geysir, am Fuße eines aus ſchiefrigem Klinkſtein und einem grauen Trachyt zuſammengeſetzten Hügels, der den Namen Laugafjall führt. Nach allen Anzeichen bildete dieſe faſt wagerechte, gegen die See hin kaum merklich geſenkte Ebene einen weiten Fiord, der ſich aufwärts bis zu den zackigen Gebirgen der Jarlhettur und zu dem Blafellshals erſtreckte.

Das weite Thal iſt mit einem dichten grünen Teppich üppiger Wieſengründe überkleidet; mehre größere und kleinere Flüſſe winden ſich, aus der Ferne geſehen, wie ſilberne Bänder durch die grasreiche Ebene, werden dann von höheren Ufern verdeckt und kommen wieder zum Vorſchein. Der Blafell, der das Geysirthal im Nordoſten ſchließt, liegt fern und blau, theilweiſe mit Schnee bedeckt, über der Ebene. Gegen Oſt und Südoſt erblickt man flache Hügel und Bergreihen, über denen, von höheren Stellen aus geſehen, der Kegel des Hekla erſcheint; auf der entgegengeſetzten Seite liegt hinter dem Laugafjall der Bjarnaarfjall höher, ſteiler als jener, meiſt in düſteren blaugrauen Tönen verhüllt und an ſeinem Fuße mit weiten Matten, an ſeinem Gipfel mit ſchrofferen Felsgebilden bedeckt. Schon

aus der Ferne bemerkt der Reisende am Fuße des Laugafjall entlang an verschiedenen Stellen weiße leichte Dämpfe, die über den Boden hinziehen, oder kräftigere Rauchsäulen wolkenförmig emporwirbeln; bald aber wird er in ein complicirtes System größerer und kleinerer warmer Quellen und Kochbrunnen eingeführt, die hier Jahr aus Jahr ein, von besonders günstigen Umständen bedingt, aus einem gemeinsamen vulkanischen Spaltensystem hervorbrechen.

Das Geysirthal ist zum größern Theile mit einem sehr neuen Alluvium ausgefüllt, welches hin und wieder eine spätere Erhebung erlitten hat und sich nördlich von den Quellen in einem weiten Rücken gegen den Hof Haukadalr hin verbreitet. Durch diesen Untergrund, welcher durch eine dicke Schicht von Kieselsinter, dem Absatz der Quellen, allmälig überlagert worden ist, bricht der Geysir hervor. Von den Schichten dieses Quellenabsatzes hat sich rings um den Geysir in größeren Verhältnissen, in kleineren um die anderen Sprudel, ein flacher Eruptionskegel gebildet, in dessen Mitte eine senkrechte cylindrische Röhre von weiterm oder engerm Durchmesser in der Art eines Brunnens in die Tiefe führt.

Der Geysir besitzt einen abgestumpften Eruptionskegel von aschgrauer Farbe, er ist gegen Osten unter einem Winkel von 8 bis 10 Graden geböscht; gegen Westen aber beträgt seine Neigung etwa nur 7 Grade. In diesen Kegel versenkt sich ein flaches Becken von etwa 50 Fuß Durchmesser, in dessen Mitte das Rohr des Kochbrunnens, mit einem dreimal kleinern Durchmesser von senkrechten Wänden umgeben, sich 70 Fuß in die Tiefe senkt. Daß sich von hier ab die verborgenen Kanäle weiter verzweigen, ist im höchsten Grade wahrscheinlich. Unter den gewöhnlichen Verhältnissen ist das Becken mit krystallklarem, seegrünem Wasser erfüllt, welches eine Temperatur von 82 Grad C. besitzt, und läuft in drei kleinen Abflußrinnen über die nach Osten gewandte Böschung des Kegels ab. Nach einiger Zeit vernimmt man unterirdisches Donnern, das, wenn auch viel weniger laut, dem durchaus ähnlich ist, welches die Vulkane während ihrer Ausbrüche von sich geben. Die Oberfläche des Geysirkegels wird dabei in eine zitternde Bewegung versetzt. Während diese Erscheinung einige Secunden fortdauert, dann zuweilen momentan nachläßt und wieder um so stärker beginnt, schwillt das Wasser im Becken, es wird nach oben convex gewölbt und zu gleicher Zeit steigen große Dampfblasen hervor, welche an der Oberfläche zerplatzen



Der Geyſir auf Island.

und das ſiedende Waſſer mehre Fuß hoch emporſchleudern. Darauf wird es ſtill; dichter weißer Dampf, der von jedem leichten Winde über die Ebene getrieben wird, umhüllt für kurze Zeit das Baſſin. In ſehr regelmäßigen Zwiſchenräumen von einer Stunde und 20 bis 30 Minuten wiederholt ſich dieſelbe Erſcheinung einen Tag lang und auch wol länger ohne Unterbrechung, bis ſie plötzlich einen etwas verſchiedenen Charakter annimmt. Dann wird ſtärkeres Donnern aus der Tiefe vernommen; das Waſſer ſchwillt im Baſſin, ſchlägt hohe Wellen und wirbelt umher; in der Mitte erheben ſich gewaltige Dampfblaſen, und nach wenigen Augenblicken ſchießt ein Waſſerſtrahl in feinen, blendend weißen Staub gelöſt in die Luft; er hat kaum eine Höhe von 80 bis 100 Fuß erreicht und ſeine einzelnen Perlen ſind noch nicht im Zurückfallen begriffen, ſo folgt ein zweiter und dritter höher emporſteigender dem erſten nach. Größere und kleinere Strahlen verbreiten ſich nun in allen Richtungen; einige ſprühen ſeit-

wärts, kürzern Bogen folgend, andere schießen aber senkrecht empor mit sausendem Zischen, wie die Raketen bei einem Feuerwerk; ungeheure Dampfwolken wälzen sich übereinander und verhüllen zum Theil die Wassergarbe; nur noch ein Stoß, ein dumpfer Schlag aus der Tiefe, dem ein spitziger, alle anderen an Höhe überragender Strahl, auch wol von Steinen begleitet, nachfolgt, und die ganze Erscheinung stürzt, nachdem sie nur wenige Minuten gedauert, in sich zusammen, so wie eine fantastische Traumgestalt beim Einbrechen des Morgens. Ehe noch der dichte Dampf im Winde verzogen und das siedende Wasser an den Seiten des Kegels abgelaufen ist, liegt das vorhin ganz mit Wasser erfüllte Bassin trocken, mit aschgrauen Sinterperlen überdeckt vor dem Auge des herannahenden Beobachters, der im tiefer führenden Rohre, fast 6 Fuß unter dem Rande, das Wasser ruhig und still wie in jedem andern Brunnen erblickt. Man muß dieses Schauspiel selbst sehen, beschreiben läßt es sich nur ungenügend, so oft es auch beschrieben worden ist; sein Anblick allein ist hinreichend, den Naturforscher reichlich zu entschädigen für die Anstrengungen, Entbehrungen und selbst Gefahren einer so mühsamen und oft so einförmigen Reise.

Nach dem Verlauf von einer Stunde und auch wol nach noch kürzerer Zeit fängt das Wasser im Rohre allmälig wieder an zu steigen, und nach einigen Stunden ist das Bassin ganz wie vor der Eruption bis zum Ueberlaufen mit fast siedendem Wasser erfüllt. Die Detonationen pflegen erst 4 bis 6 Stunden nach der Ausleerung des Bassins sich wieder einzustellen und nehmen alsdann ihren regelmäßigen Verlauf bis zu der nächstfolgenden Eruption, welche mitunter mehr als einen Tag auf sich warten läßt. So geht dieses wunderbare Spiel Jahr aus Jahr ein und ist ganz unabhängig von den Eruptionen des Hekla, die man wol damit in Verbindung geglaubt hat.

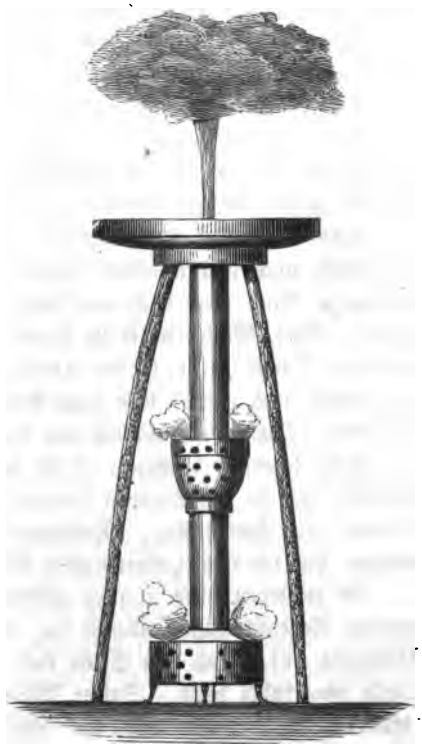
Bis vor wenigen Jahren glaubte man diese periodischen Wasserauswürfe durch unterirdische Höhlenräume erklären zu müssen. Professor Bunsen hat diese Ansicht berichtigt. Die Erscheinung erklärt sich nach ihm weit einfacher und ist neuerlich durch Professor Müller in Freiburg sogar auf dem Wege des Experimentes nachgeahmt worden.

Sie beruht lediglich auf dem Umstande, daß das in dem Quellenschachte — dem Geyserrohr — stets aufsteigende Wasser in seiner Tiefe unter dem Druck der darauf lastenden Wassersäule eine weit

höhere Temperatur beſitzt, als der Siedepunkt des Waſſers an der Oberfläche iſt. Gelangen nun auf dieſe Weiſe ſo heiße Waſſermaſſen durch ihr Aufſteigen ſchnell unter einen geringern Druck, als der, welcher ihrer Temperatur entſpricht, ſo werden ſie plötzlich in Dampf verwandelt, und dieſer Dampf ſchleudert nun die ganze noch darüber befindliche Waſſerſäule hoch in die Luft, wodurch die nachdringenden Waſſermaſſen ebenfalls von einem Theil des Druckes befreit, ebenſo plötzlich in Dampfform übergehen. Der Geyſer gleicht dann alſo einer großen Dampfkanone, welche ſtatt mit Kugeln mit Waſſer ſchießt. Und dieſes Spiel, dieſes Waſſerausſchleudern, dauert ſo lange fort, bis das ausgeworfene und ſtets zum Theil wieder in den Keſſel zurückfallende Waſſer ſo weit abgekühlt iſt, daß es die fernere Dampfbildung verhindert. Hierauf tritt eine Periode der Ruhe ein, und dieſe währt ſo lange, bis die abgekühlte Waſſerſäule durch von unten nachdringende heiße Waſſermaſſen abermals ſo weit erhitzt iſt, daß die Dampfbildung aufs Neue beginnen kann.

Mehre dem großen Geyſer benachbarte Quellen zeigen ganz ähnliche Erſcheinungen in kleinerm Maßſtabe, was eben nur von den geringeren Dimenſionen ihres Rohres und den geringeren Mengen des aufſteigenden Waſſers abhängen wird.

Will man die Erſcheinung nachahmen, ſo braucht man nur, wie Prof. Müller in Freiburg gezeigt hat, ein etwa 6 Fuß hohes, oben mit einem erweiterten Becken verſehenes Blechrohr (ſ. Abbild.) mit Waſſer zu füllen und von unten ſtark zu erhitzen. In ihm bilden ſich dann ganz von ſelbſt aufſteigende Waſſer-



Apparat zur Nachahmung der Geyſerausbrüche.

strömungen und den Geysereruptionen ähnliche Dampfexplosionen, die sich ebenfalls periodisch wiederholen.

Doch genug von den Quellen, wir wollen jetzt das Wasser in seinem Kreislaufe weiter verfolgen.

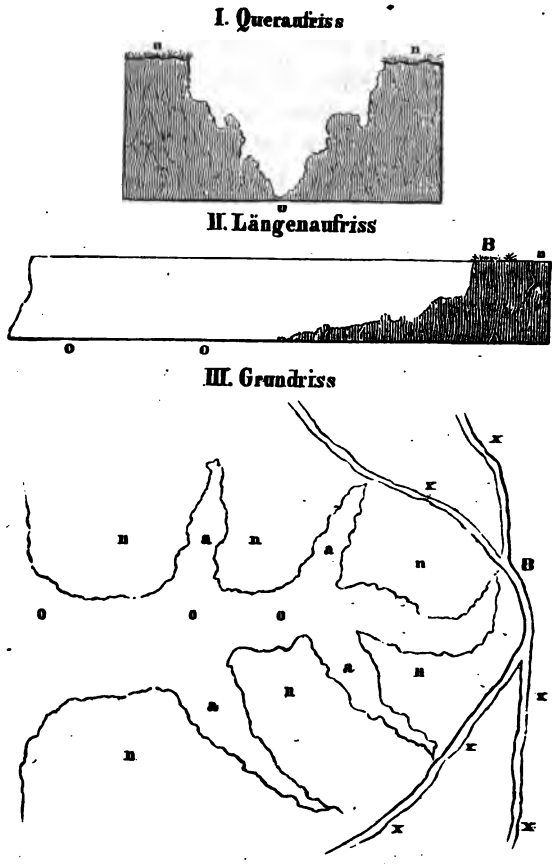
Die Quellen sammeln sich zu Bächen, die Bäche zu Flüssen, die Flüsse zu Strömen. Hat das Wasser bis dahin chemisch auflösend und durch Niederschlag ablagernd gewirkt, so wirkt es nun in seinem oberflächlichen Ablauf mehr mechanisch zerstörend, forttragend und wieder ablagernd. Wir brauchen hier nicht alle die Jedermann bekannten Vorgänge durchzusprechen: wie die Gebirgsbäche Theile an ihrem Ufer losreißen und diese, wie die hineingerollten Felstrümmer zu Geschieben abgerollt, große Strecken mit fortreißen, wie sie Sand- und Schlammtheile noch ungleich weiter mit sich fortführen, wie sie sich zuweilen ganz neue Betten eingraben, und wie sie auf diese Weise feste Theile fortwährend thalabwärts tragen, manchmal noch besonders verstärkt durch große Regenfluten oder durch Eisfahrten und temporäre Anstauungen.

Ob aber nicht nur die Flußbetten im engern Sinne, sondern auch die Thäler Folgen dieser Zerstörungen durch Wasser sind, das ist eine interessante und von den Geologen noch nicht mit der nöthigen Schärfe gelöste Frage, auf die wir hier etwas näher eingehen wollen.

Keinem Zweifel unterliegt es, daß durch große Fluten, Bäche und Flüsse noch jetzt zuweilen Thäler ausgefurcht werden, wo früher überhaupt keine oder doch nur kürzere oder minder tiefe vorhanden waren. Das Wasser wirkt in diesen Fällen stets von der Mündung nach der Quelle zu, d. h. der Thaleinschnitt bildet und verlängt sich von unten nach oben. Ein paar Beispiele aus der Wirklichkeit werden diesen Thalbildungsproceß am besten erläutern.

Sehr lehrreich beschreibt J. G. Kohl in seinem Buch über Südrußland, wie in den Steppen beständig neue Regenschluchten, „Wuipolotsch" der Kleinrussen, „Ruitwina" der Großrussen, eingeschnitten werden, bis zur Länge einer halben Meile und 100 bis 150 Fuß tief.

Es entstehen diese in allen südrussischen Steppenländern vorkommenden Regenschluchten überall da, wo an dem Rande eines steilen Abhanges auf irgend eine Weise das Regenwasser immer auf dieselbe Stelle hingeführt wird. Solche Abhänge sind also z. B. das schroff abfallende Meeresufer und die Gehänge der größeren Flußthäler, wenn sie steil abfallen, wie das hier in der Regel der Fall ist. An



Regenſchlucht in den ſüdruſſiſchen Steppen.
B Punkt des Waſſerſturzes. xx Wege. aaa Nebenſchluchten. o Schluchtſohle. nn hohe Steppe.

allen unter einem ſehr kleinen Winkel abgedachten Bodenneigungen bilden ſie ſich aber nie.

Wo nun aber der Abhang ſteil iſt und das Regenwaſſer entweder in einer von der Natur gebildeten kleinen Vertiefung oder in einem von Menſchenhänden gemachten Graben, oder auch nur in einer vom Pfluge gezogenen Furche oder in einem etwas ausgefahrenen Wege an ſeinen Rand geführt wird, ſtürzt es anfangs mit großer Gewalt den Abhang hinab, beraubt ihn ſeiner Grasnarbe und frißt nun im Fallen beſtändig an dem weichen Erdreiche, wel-

ches mit fortgeschwemmt wird. Auf diese Weise entsteht anfangs dann ein kleiner Einschnitt oder Ausriß in dem Abhange. Da nun durch die oben auf der Steppe bleibende Vertiefung wieder Wasser zu der innersten Ecke dieses Einrisses hingeführt wird, so wird er dann landeinwärts rückschreitend fortgesetzt, indem zu beiden Seiten, wo kein Wasserfall stattfindet, das Erdreich von selbst abblättert, nachfällt und von dem in der Rinne des Schnitts laufenden Wasser fortgespült wird. Es sind danach also die Regenschluchten ganz und gar als Erzeugnisse rückwärtsschreitender Wasserfälle anzusehen. Da, wo das Wasser hinabstürzt, ist die Rinne auf mehre Klaftern völlig perpendiculär abgetieft, an den Seiten geht es etwas minder steil zu der untersten Schluchtsohle hinab. Natürlich werden die Regenschluchten nie tiefer, als das steile Gehänge hinabgeht, in welches sie einschneiden, und nur an ihrer Mündung sind sie so tief wie das Thal selbst. Von dieser Mündung steigt ihre tiefste Rinne bis zur innersten Spitze immer etwas hinauf, indeß nur äußerst allmälig und unter einem anfangs sehr geringen, nachher immer bedeutendern Winkel. Jedoch gibt es natürlich nach dem Grade der Steilheit des Gehänges und nach dem Alter der Ausbildung, welche die Schlucht erreicht hat, verschiedene Größen des Winkels.

Auf flachem oder schwachgeneigtem Boden kann, wie gesagt, keine Regenschlucht entstehen. Natürlich ist es aber sehr wohl möglich, daß sie, wenn sie am Abhange begann, rückschreitend weit in die Fläche zurückläuft. Man findet daher die Enden recht alter Regenschluchten oft mitten in der Fläche, weit von allem Abhange entfernt, und hier ist's dann, wo diese gefürchteten Ruitwinas dem Verkehre der Menschen sehr gefährlich und hinderlich werden. Da man in der Regel durchaus nirgends an ihren Gehängen, die selbst dem geschickten Fußgänger unersteigbar sind, hinabfahren kann, so hemmen sie natürlich allen Verkehr, dessen Richtung ihre Länge durchschneidet. Es kreuzen sich daher an den Spitzen dieser Regenschluchten immer mehre Wege, die hier in einem Punkte zusammengedrängt werden.

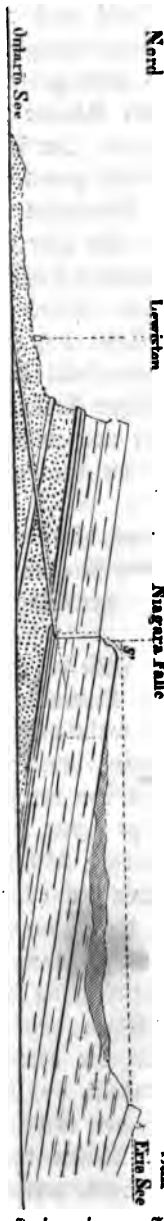
Zu den Seiten der Schluchten gibt es wieder andere kleinere Vertiefungen, die in sie einmünden. Diese würden von selbst keine Schlucht gebildet haben, weil sie über keinen Abhang hinaus mündeten. Da nun aber die große Hauptschlucht sich zu ihnen hinarbeitete und ihnen einen steilen Abhang gewährte, so begann hier nun auch eine Schluchtenbildung. Es entstehen auf diese Weise zu den Seiten einer

Hauptschlucht theils unzählig viele kleine Einrisse, theils auch recht bedeutend verzweigte Nebenschluchten. Durch diese Verzweigung und Spaltung wird die wildeste Zerreißung des Bodens hervorgebracht, die Bildung weit vorspringender Vorgebirge, schmaler Kämme und Landzungen, die zu beiden Seiten schroffe Abstürze haben. Im Winter garnirt das Eis die ganze Schlucht rund umher mit gewaltigen krystallenen Zacken und Säulen aus. Es bauen sich Eisbrücken von Wand zu Wand, und eine trügerische Schneedecke legt sich über diese oft morschen Brücken, die unter den vom Wege abirrenden Schlitten zusammenbrechen und in der Tiefe die Schmerzen und Todesangst der armen Fuhrleute und Ochsen mit Schnee und Kälte begraben. Im Frühling aber stürzen in alle innersten Schluchtenwinkel kleine Wasserfälle hinein, und in der Tiefe braust ein schmutziger Schlammstrom, der bei den Schluchten in der Nähe der Städte noch widriger wird, da diese hier als Cloaken benutzt werden, in die man allen Unrath und das gefallene Vieh hinabstürzt.

Diese südrussische Thalbildung ist ihrer Natur nach höchst ähnlich der Thalbildung durch das stete Zurückweichen des Niagarafalles, welches Lyell so vortrefflich beschrieben hat. Nur der Maßstab ist verschieden.

Man hat oftmals die Frage aufgeworfen, ob die Fälle des Niagara einst wirklich 7 englische Meilen nördlicher, bei Queenstown, gelegen gewesen seien. Es ist das im höchsten Grade wahrscheinlich. Die nachstehende ideale Vogelperspective mag dazu dienen, dem Leser, der diesen Ort nicht selbst besucht hat, einen Ueberblick von der sehr einfachen geographischen Configuration dieses Landes zu geben.

Die Hochebene, in welcher der Erie-See liegt, ist etwa 330 Fuß höher als der Ontario-See, und das Herabsteigen von der höhern zur niedern Fläche ist bei den Abhängen, welche man die Höhen von Queenstown nennt, plötzlich und abgebrochen. Die Schichtung in dieser Gegend ist fast ganz horizontal, nur eine geringe Neigung zeigt sie. Alle die Gebirgsarten, welche hier übereinander liegen, gehören als verschiedene Glieder der silurischen Formation an; die obersten und jüngsten Schichten sieht man dem Erie-See zunächst. — Der Niagara ist da, wo er aus dem Erie-See heraustritt, von niedrigen Ufern begrenzt, abwechselnd von 1 bis 3 englische Meilen breit. Er erscheint hier als eine Verlängerung des ruhigen Sees, zertheilt durch niedrige, mit Wald bewachsene Inseln. Dieses seeähnliche



Durchſchnitt des Niagaragebietes.

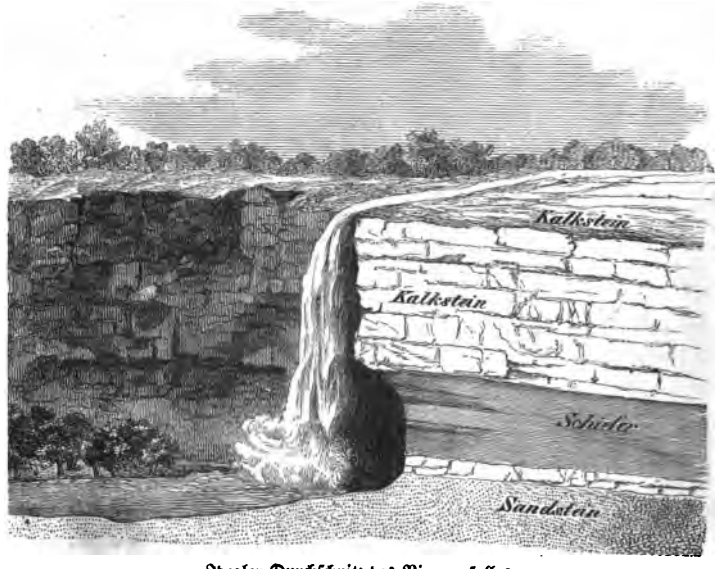
Anſehen behält er auf einer Strecke von ungefähr 15 Meilen, indem das Gefälle des Fluſſes kaum ſo viele Fuß beträgt; aber nachdem er die Stromſchnelle erreicht hat, ſteigt er auf eine Meile ungefähr 50 Fuß abwärts, um dann bei den Waſſerfällen ſelbſt, ungefähr 165 Fuß hoch ſenkrecht ſich hinabzuſtürzen. Der größte Waſſerfall, welcher Horſeſhoe-Fall (Pferdehufeiſenfall) genannt wird, iſt 1800 Fuß breit, die in der Mitte liegende Inſel hat eine etwas geringere Ausdehnung und die Breite des ſchmälern American-Fall beträgt ungefähr 600 Fuß. Der tiefe enge Schlund unterhalb des großen Katarakts iſt 200 bis 400 Ellen breit und 300 Fuß tief; und von hier an fällt der Fluß auf einer Strecke von 7 Meilen etwa 100 Fuß und ergießt ſich aus der Schlucht in die offene und flache Landſchaft, welche ſich über die Fläche des Ontario-Sees ſo wenig erhebt, daß auf die 7 Meilen, welche Queenstown noch von dem See entfernt iſt, die Neigung nur ungefähr 4 Fuß beträgt. Das weite Flußbett ſchlängelt ſich und macht eine Windung von einem faſt rechten Winkel bei dem ſogenannten Strudel, wo der Niagara in ein großes rundes Baſſin ſich kreisförmig bewegend hineinſtrömt. Dies iſt jedoch auf der Abbildung als beinahe geradlinig dargeſtellt, um die Schichtung beſſer zeigen zu können, und die proportionelle Höhe iſt abſichtlich vergrößert worden. An einigen Punkten ſind die felſigen Ufer an der einen Seite von der anhaltenden Strömung untergraben, und gewöhnlich befindet ſich eine Böſchung an der Baſis des Abhanges, welcher mit einem prächtigen Saume von Bäumen beſetzt iſt. Auch dieſer iſt in der Abbildung weggelaſſen.

Man hat bereits ſeit langer Zeit allgemein angenommen, ſchon infolge einer oberflächlichen Betrachtung dieſes Diſtricts, daß der Niagara einſt in einem flachen Thale über die ganze Hochebene ſtrömte, von

1. Kalkſtein. 2. Schiefer mit Salz. 3. Kalkſtein. 4. Schiefer. 5. Sandſtein.

Ideale Vogelperſpective des Niagaragebiets.

den jetzigen Waſſerfällen an bis zu den Höhen von Queenstown und Lewiſton, wo man glaubt, daß die Fälle ihren Urſprung gehabt haben, dergeſtalt daß der Fluß ſich rückwärts 7 Meilen weit allmälig durch die Felſen hindurch ſeine Bahn gebrochen habe. Nach dieſer Vorausſetzung müßten die Fälle urſprünglich doppelt ſo hoch wie jetzt geweſen ſein und nach und nach an Größe abgenommen haben, und würden noch jetzt fortfahren, ſich zu verkleinern, in dem Maße als ſie gegen den Erie-See aufrücken. Es iſt deshalb von nicht geringer Wichtigkeit, zu unterſuchen, auf welche Weiſe und in welchem Grade die Aushöhlung noch jetzt bewirkt wird, um ſo ein Maß zu erhalten für die Berechnung, wie viele Jahrhunderte oder Jahrtauſende erforderlich geweſen ſind, um das bis jetzt gebildete Thal auszuhöhlen.



Idealer Durchſchnitt des Niagarafalles.

Es iſt eine ausgemachte Thatſache, daß die Waſſerfälle nicht abſolut auf demſelben Punkte ſtehen bleiben; ſie haben ihre Lage während des letzten halben Jahrhunderts ein wenig verändert. Jeder Beobachter wird ſich überzeugen, daß der kleine Theil des großen Flußbettes, welcher ſeit der hiſtoriſchen Erinnerung ausgeſpült worden iſt, eine ganz gleiche Beſchaffenheit hat wie die ganze 7 Meilen lange Thalſchlucht unterhalb des Falles.

Das Wasser, nachdem es ungefähr 50 Fuß mächtige Kalksteinlager schräg durchbrochen hat, stürzt sich in den Fällen senkrecht über eine andere ungefähr 90 Fuß mächtige Kalksteinmasse herab, unter welcher weiche Schiefer von gleicher Mächtigkeit lagern, die fortwährend durch die Thätigkeit der von den Windstößen heftig gegen die Basis des Abhanges angeworfenen Baumstämme untergraben werden. Infolge dieser Zerstörung verlieren einzelne Theile der auflagernden Felsen zuletzt ihre Stütze und stürzen von Zeit zu Zeit herab, sodaß der Wasserfall immer weiter südlich zurückweichen muß. Der plötzliche Einsturz mächtiger Felsblöcke von unterminirtem Kalkstein am Horseshoe-Fall im Jahre 1828 und ein anderer am American-Fall im Jahre 1818 soll die ganze umliegende Gegend gleichwie ein Erdbeben erschüttert haben. Seit dem Jahre 1815 hat sich bei dem kleinern Wasserfalle in der Mitte des Kalksteinlagers ein Ausschnitt von ungefähr 40 Fuß gebildet, sodaß derselbe die Gestalt eines Halbmondes allmälig angenommen hat, während zu derselben Zeit der Horseshoe-Fall sich so verändert hat, daß er kaum noch diesen Namen zu verdienen scheint.

Bakewell berechnete, daß der Niagara in den 40, dem Jahre 1830 vorhergehenden Jahren jährlich ungefähr eine Elle zurückgegangen sei; aber Lyell hält die Annahme von nur ein Fuß jährlich für wahrscheinlicher, und in diesem Falle würden 35,000 Jahre erforderlich gewesen sein, um die Wasserfälle von dem Abhange bei Queenstown bis zu ihrer gegenwärtigen Lage zurückzuschieben, wenn man annehmen könnte, daß die retrograde Bewegung durchaus gleichförmig gewesen sei. Dies ist jedoch nicht anzunehmen, da bei jedem Vorschritte des Zerstörungsprocesses die Höhe des Abhanges, die Härte des Materials an seiner Basis und die Quantität der herabgefallenen Steinmassen, die fortgeschoben werden mußte, auch sehr verschieden gewesen ist. An einigen Stellen mag die Zerstörung weit schneller, an anderen langsamer als jetzt von Statten gegangen sein, und es würde kaum möglich sein zu bestimmen, ob im Durchschnitt der Proceß mehr oder weniger schnell als jetzt gewesen ist.

Bestimmte Nachrichten über das Zurückweichen der Fälle und Vorschreiten der Thalbildung sind aus alten Zeiten leider nicht vorhanden, glücklicherweise findet sich aber ein geologischer Beweis dafür, daß der Fluß einst wirklich über die Hochebene hinströmte und

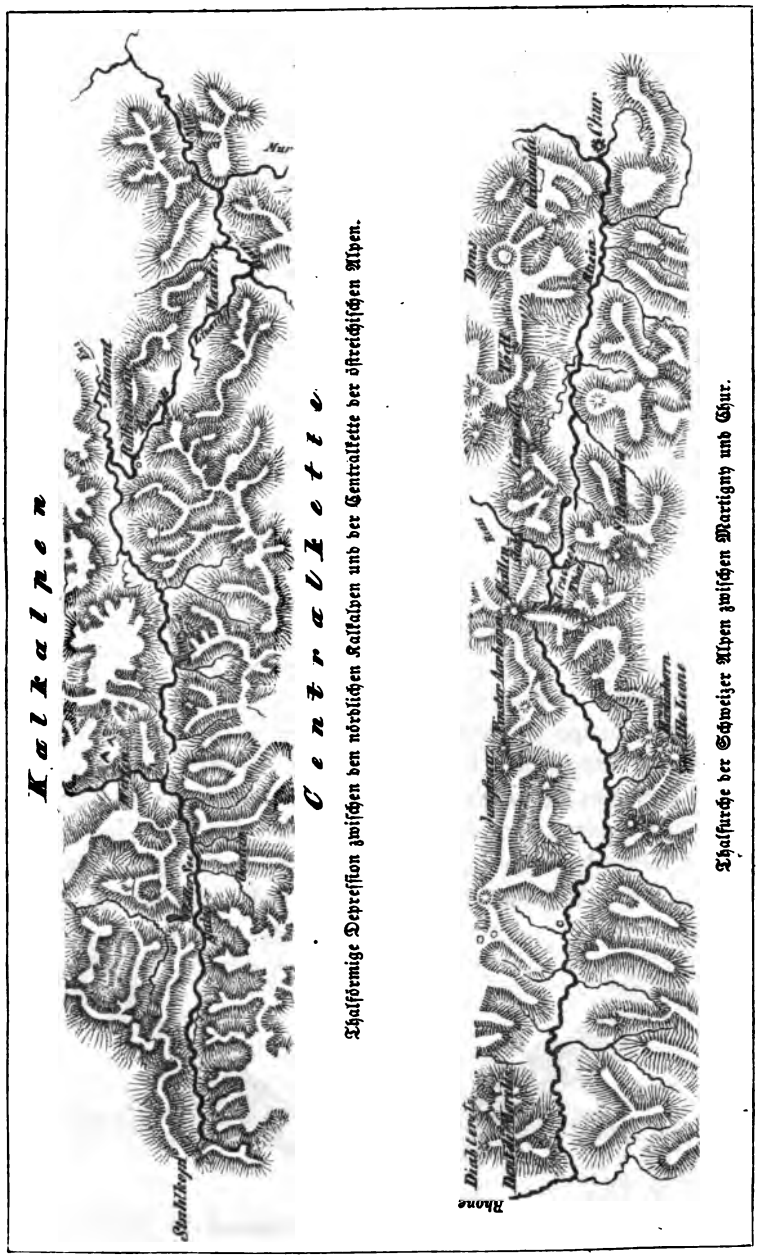
erst in der Region zwischen Queenstown und Lewiston sich hinabstürzte. Dieser Beweis besteht in deutlichen Spuren des alten Flußbettes, welches nicht stets und überall genau der jetzigen Thalauswaschung entsprochen zu haben scheint. Man findet in diesem alten Flußbette auf der Höhe deutliche Niagarageschiebe und Flußmuscheln. Es ist somit unzweifelhaft, daß dieser ganze untere Thaleinschnitt nach und nach vom Fluß ausgewaschen worden ist, und daß eine solche Auswaschung noch fortdauernd stattfindet.

Wir übergehen hier, als zu weit führend, die Betrachtungen, welche sich über das endliche Resultat dieses Vorganges anstellen lassen, sowie über das Alter der Diluvialzeit, welche Lyell sehr geschickt daran anknüpft, da es uns für jetzt nur darauf ankam, die thalbildende Wirkung des fließenden Wassers zu zeigen.

Obwol nun zwar die vorstehenden Beispiele deutlich zeigen, daß das fließende Wasser für sich allein Thäler zu bilden vermag, so ist damit doch keineswegs erwiesen, daß überhaupt alle Thäler lediglich durch abfließendes Wasser gebildet seien. Im Gegentheil, die vorstehenden Beispiele gelten durchaus nur für eine besondere Classe von Thälern, die in den Boden von über das benachbarte Land oder Meer erhabenen Ebenen eingeschnitten sind, während man dagegen in Gebirgsgegenden Thäler ganz anderer Natur findet, die von Bergen sehr ungleicher Höhe, bis mehre Tausend Fuß hoch, eingefaßt werden, und deren Tiefe, Weite oder Richtung oft in gar keinem Verhältniß zu dem darin fließenden Wasser steht, sodaß wenigstens das gegenwärtig sie durchströmende Wasser allein ganz unmöglich sie gebildet haben kann.

Die Alpenkette liefert uns die auffallendsten Beispiele von Thälern solcher Art, die sich indessen, nur in kleinerm Maßstabe, in allen Gebirgen vorfinden. Ja man kann sagen, die überwiegende Mehrzahl aller Gebirgsthäler gehört dieser zweiten Classe an.

Zwei Beispiele werden genügen, um zu zeigen, daß diese Thäler ihre Existenz nicht lediglich dem vom Gebirge abfließenden Wasser und überhaupt nicht lediglich dem Wasser verdanken können. In beiden nachstehenden Fällen finden wir in demselben Hauptthal (oder Thalsystem) mehre Flüsse, nach derselben oder nach entgegengesetzten Richtungen fließend, hintereinander. Beide sind sogenannte Längenthäler, welche der Achse des Gebirges parallel in demselben fortlaufen, während man von nur durch Wasser gebildeten Thälern stets erwarten



Thalförmige Depreſſion zwiſchen den nördlichen Kalkalpen und der Centralkette der öſterreichiſchen Alpen.

Thalfurche der Schweizer Alpen zwiſchen Martigny und Chur.

muß, daß sie vorherrschend der Neigung der Gebirgsabdachung folgen und also vom Kamme des Gebirges mehr rechtwinklig ausgehen; in beiden endlich ist die Wassermasse der Flüsse verschwindend klein gegen die Tiefe und Weite des Thales, ja einige Theile dieser Thäler sind sogar ganz ohne constanten Wasserlauf, wie denn überhaupt in Gebirgen ausnahmsweise Thäler gefunden werden, in welchen gar kein fließendes Wasser vorhanden ist.

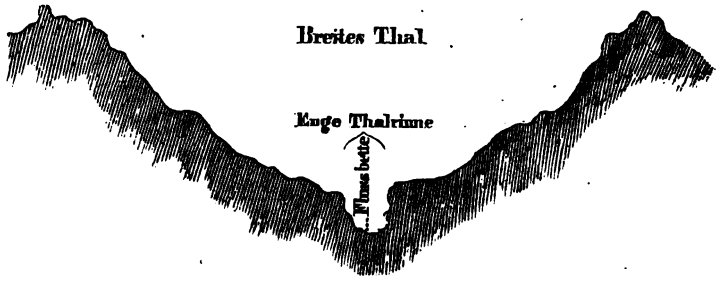
Das erste dieser Beispiele ist die 36 Meilen lange thalförmige Depression, welche die nördlichen Kalkalpen von der Centralkette der östreichischen Alpen trennt; in ihr rinnen die Salza, die Ens, die Parthen, die Liesing, die Mur und die Mürz so hintereinander, wie es der erste Holzschnitt (S. 61) zeigt.

Als zweites Beispiel diene uns die etwa 30 Meilen lange Thalfurche der Schweizeralpen zwischen Martigny und Chur (zweiter Holzschnitt), in welcher ebenfalls die entgegengesetzten Flußrichtungen des Rheines, der Reußquellen und der Rhone gefunden werden, obwol auch diese lange, fast geradlinige Einsenkung offenbar durch eine gemeinsame Ursache bedingt ist. Ganz ähnliche Erscheinungen zeigen vielfach die übrigen Längenthäler der Alpenkette und der Jurakette.

Sehr wahrscheinlich sind diese, wie die meisten Gebirgsthäler, ursprünglich durch Zerspaltung (Aufbersten) der erhobenen Erdkruste bedingt, später aber allerdings durch Wirkung des Wassers so erweitert und ausgetieft worden, wie wir sie gegenwärtig vorfinden.

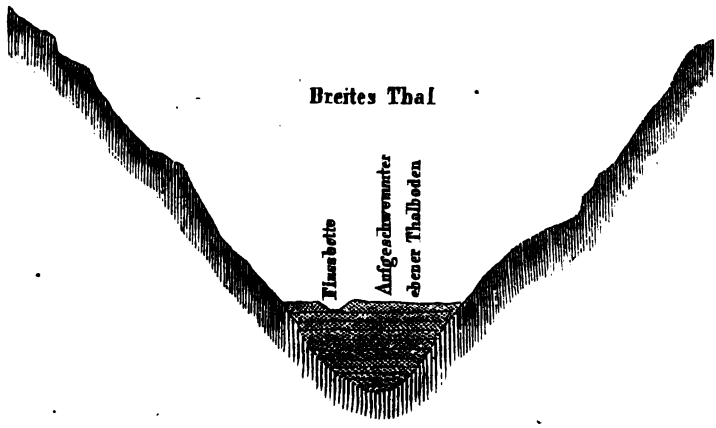
Einige Alpenthäler tragen ganz den Charakter von erhobenen Fiords (schmalen Meereseinschnitten) an sich; es scheint, daß sich ihre Gestaltung hauptsächlich aus der Zeit herschreibt, wo nur erst die höchsten Theile dieser Gebirgskette über den Meeresspiegel hervorragten.

In vielen Alpenthälern erkennt man noch jetzt einen zweifachen



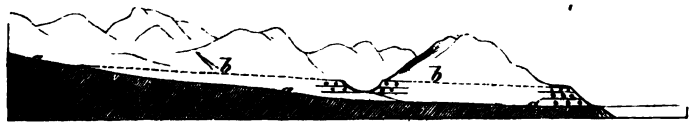
Querschnitt einer sich vertiefenden Thalrinne.

Bildungsproceß. Die ſteiler geneigten werden fortwährend durch die Wirkung ihrer Gewäſſer ausgetieft, ſehr häufig erkennt man in dem Boden der breiten Thalmulde eine enge, ſich durch den Fluß immer mehr vertiefende Thalrinne der Art, daß der Querſchnitt etwa umſtehender Abbildung gleicht, während weniger ſtark geneigte oft einen breiten, ebenen Thalboden (ſ. folgende Abbild.) erkennen laſſen, der offenbar durch allmälige Ausfüllung eines tiefern Einſchnittes, zuweilen wol auch durch Ausfüllung von Gebirgsſeen entſtanden iſt, und oft noch fortwährend durch Einſchwemmungen aus den Seitenthälern



Breiter ebener Thalboden durch Ausfüllung.

und Schluchten erhöht wird. Dieſe Einſchwemmungen bilden vor ihren Einmündungsſtellen breite Alluvialkegel, die zuweilen eine Höhe von 500 bis 600 Fuß erreichen. Gar nicht ſelten findet man auch an den Seitenwänden der Gebirgsthäler terraſſenförmige Geſchiebeanhäufungen, welche ſehr deutlich früher höhere Waſſerſtände bezeichnen. In dem nachſtehenden von v. Morlot entlehnten theore-



Thalterraſſen.

tiſchen Profil eines Alpenthales bezeichnet die Linie a a das jetzige

Flußbette, b b die Absätze eines früher höheren Flußwasserstandes als Thalterrasse. Aber wie gesagt, der Thalbildungsproceß ist noch in gar mancher Beziehung ein Problem der Geologie, dessen allseitige und specielle Lösung zu versuchen, hier nicht der Ort sein würde.

Was das Wasser an dem einen Orte losgerissen hat, setzt es unzweifelhaft an einem andern wieder ab. Daß die von Flüssen durchströmten Landseen auf diese Weise nach und nach ausgefüllt werden und deshalb sämmtlich ihrem, wenn auch höchst langsamen Untergange entgegen gehen, und daß die Flüsse vor ihren Mündungen in das Meer, wenn nicht Strömungen des letztern es verhindern, breite Ablagerungen, Sandbänke und Deltabildungen veranlassen, sind Thatsachen, die ich wol als allgemein bekannt voraussetzen darf, sodaß ich hier nur einige besondere darauf Bezug habende Umstände berühren zu müssen glaube.

Der Sand- und Schlammgehalt der Flüsse ist sehr ungleich. Der Rhein strömt trübe in den Bodensee ein, aber ziemlich abgeklärt wieder daraus hervor. Alle der Sand und Schlamm, den er oberhalb mit sich führte, bleibt offenbar in dem Seebecken zurück und wird es allmälig ausfüllen. Seine Seitenflüsse führen ihm indessen bald genug wieder so viele erdige Theile zu, daß der Gehalt desselben bei Bonn und Cöln oft $^1/_{100}$ seiner Wassermasse beträgt. Außerdem sind aber stets auch noch einige Bestandtheile chemisch im Wasser aufgelöst.

Das Delta, welches der Ganges allmälig vor seiner ursprünglichen Mündung aufgebaut hat, besitzt einen Durchmesser von 40 Meilen, und neben dem untern Lauf des Mississippi berechnet man den durch den Fluß neu gebildeten Alluvialboden auf 14,000 englische Quadratmeilen, ja am Missouri oberhalb der Einmündung des Ohio sogar auf 16,000 bei einer bis 528 Fuß ansteigenden Dicke.

Da dieser Fluß nach ungefährer Berechnung jährlich etwa 3,702,758,000 Cubikfuß anschwemmt, so dürfte bei gleichbleibenden Verhältnissen etwa ein Zeitraum von 67,000 Jahren nöthig gewesen sein, um dieses Resultat herbeizuführen.

Diese paar Zahlen mögen hinreichen, um eine ungefähre Idee von den Wirkungen der Flüsse in dieser Beziehung zu geben, während ein sehr großer anderer Theil derselben sich unseren Beobachtungen unter dem Meeresspiegel entzieht.

Wir wenden uns nun dem Meere selbst zu, diesem unermeßlichen Sammelbecken alles Wassers der Erde. Nur seine horizontale

Ausdehnung kennt man, die größten Tiefen sind noch ungemessen. Zwischen Rio Janeiro und dem Vorgebirge der guten Hoffnung fand Denham eine Meerestiefe von 43,000 Fuß, also die Senkung des Meeresbodens unter dessen Spiegel an dieser Stelle beinahe noch einmal so groß als die höchsten Berge im Himalaja über denselben aufsteigen.

Aber diese ungeheure Wassermasse ist keineswegs eine ruhende, sie wird stets bewegt durch Ebbe und Flut (als Folgen der Anziehung von Mond und Sonne), durch constante und wechselnde Strömungen, welche gleich mächtigen Flüssen sich zwischen verhältnißmäßig ruhigeren Meerestheilen hinbewegen, und durch die Einwirkung der Winde. Am heftigsten und am zerstörendsten äußern sich alle diese Bewegungen an den Küsten, in Gestalt der Brandung. Daher kommt es denn, daß an sehr vielen Orten die Küsten stets vom Meere angenagt und je nach dem Widerstand, den sie leisten, je nach der Festigkeit des Gesteins, woraus sie bestehen, langsamer oder schneller zerstört werden. An einigen Stellen freilich lagert das Meer auch wol Sand, Schlamm oder Muschelschalen an den Küsten ab, und vergrößert dadurch ihre Ausdehnung; bei weitem an den meisten Punkten aber greift es allmälig in das Land ein. Wo die Gesteine der Küsten sehr fest sind, z. B. aus Granit bestehen, da ist dieser Eingriff in menschlichen Beobachtungszeiträumen ganz unmerklich. An anderen Stellen, wo weichere Gesteine herrschen, ist er dagegen sehr bemerkbar und ganze Inseln gehen durch ihn sichtbar ihrer Zerstörung entgegen, so z. B. Helgoland und Scheppey.

Wol mögen hier und da auch die constanten Strömungen des Meeres allmälig thalartige Furchen in den Meeresboden einnagen, aber dieser Vorgang ist — wenn er überhaupt stattfindet — unserer Beobachtung entzogen.

Alle die festen Theilchen nun, welche die Flüsse in das Meer einführen, welche das Meer selbst losreißt, sowie die, welche durch Meeresthiere aus der Auflösung in Wasser niedergeschlagen und in ihren kalkigen Schalen und Gehäusen concentrirt werden, kommen auf dem Boden desselben oder an seinen Küsten zur Ablagerung. Nur in letzterm Falle — an den Küsten — beobachten wir zuweilen diese Vorgänge, es ist aber ganz unzweifelhaft, daß die bei weitem größere Menge des Materials in uns unzugänglichen, unbekannten Tiefen und Regionen sich zu Gesteinsschichten anhäufen muß, ähn-

lich denen, welche wir als Flötzformationen aus früheren Ablagerungsperioden, und jetzt durch vulkanische Thätigkeit, als Land, ans Tageslicht erhoben, so vielfach kennen.

Wir werden ein ander Mal Gelegenheit nehmen, von den zahlreichen organischen Ueberresten zu sprechen, welche als Versteinerungen in diesen vom Meere oder von süßen Gewässern abgelagerten Schichten enthalten zu sein pflegen.

Das Meerwasser enthält bekanntlich chemisch aufgelöst kleine Quantitäten gewisser Salze und anderer mineralischer Bestandtheile. Diese fallen in der Regel nicht mit den mechanisch getragenen festen Theilchen zu Boden. Ausnahmsweise, durch besondere, aber noch unbekannte Umstände veranlaßt, scheint es indessen doch auch der Fall zu sein, wenigstens sprechen dafür auf das Bestimmteste die mehrfach zwischen die Flötzformationen eingelagerten Steinsalzbildungen, welche hauptsächlich aus dem Salz bestehen, welches auch im Meerwasser überwiegend vorherrscht, aus Chlornatrium.

Doch wir verlassen jetzt das Meer, um das Wasser in seinem Kreislaufe weiter zu verfolgen. An der Oberfläche des zwei Drittel der Erde bedeckenden Meeres findet beständig eine Verdampfung des Wassers statt, mehr oder weniger stark, je nach Temperatur und Bewegung der Luft. Durch diese Verdampfung erhebt sich ein großer Theil des Meereswassers mit Zurücklassung seines Salzgehaltes in die Atmosphäre; weit geringer sind dagegen die durch Verdampfung von der Landoberfläche aufsteigenden Wassermengen. Unter gewissen Temperaturverhältnissen bilden sich aus diesen die die Atmosphäre durchdringenden und mit ihr bewegten unsichtbaren Wasserdämpfe, aus diesen die sichtbaren Wolken, und aus ihnen fällt das Wasser in Gestalt von Regen, Schnee u. s. w. wieder zur Erde nieder, theils unmittelbar ins Meer zurück, theils auf die Landoberfläche. Was auf letztere fällt, ist einer dreifachen Zukunft ausgesetzt: ein Theil verdunstet sogleich wieder, ein anderer Theil fließt an der Oberfläche in die benachbarten Bäche oder Flüsse ab, ein dritter Theil endlich dringt in die Oberfläche ein und bildet nachher, wie wir gesehen haben, die Quellen.

Aber auch der unmittelbare Auffall der atmosphärischen Niederschläge bringt eine nicht ganz unwichtige geologische Wirkung hervor. Es wird dadurch die Landoberfläche an ihren äußersten Theilen und selbst in ihren höchsten Gipfeln und Spitzen in gewissem

Grade sowol mechanisch als chemisch auflösend angegriffen. Der Erfolg ist in jedem einzelnen Falle gewöhnlich klein, aber die unausgesetzte Wiederholung des Vorganges auf sehr großen Oberflächenräumen verleiht ihm eine gewisse Wichtigkeit; auch haben wir ja bereits gesehen, daß in einigen besonderen Fällen die geologischen Wirkungen starker Regengüsse allerdings bemerkbar sind.

Von den geologischen Wirkungen des Wassers in seinem festen Aggregatzustande, als Schnee und Eis, behalte ich mir vor, ein ander Mal zu sprechen. Jetzt wollen wir aber noch einen flüchtigen Blick auf die historische Rolle des Wassers in der Entwickelungsgeschichte des Erdkörpers werfen.

Wir haben in der ersten Abhandlung gesehen, daß im heißflüssigen Zustande des Erdkörpers noch kein Wasser als solches existiren konnte. Erst nach Bildung einer festen Erstarrungskruste und bis zu einem gewissen Grade vorgeschrittener Abkühlung konnten sich auf der Erdoberfläche Sauerstoff und Wasserstoff zu Wasser verbinden. Dieser Zeitpunkt ist aber ein höchst wichtiger in der Entwickelungsgeschichte des Erdkörpers, denn von da an begannen auf seiner Oberfläche die Zerstörungen und die Ablagerungen durch Wasser, welche noch jetzt unausgesetzt fortdauern, von da an war ferner zuerst die Möglichkeit vorhanden für die Existenz organischer Wesen, wie sie den Erdkörper bewohnen, denn sie alle bedürfen des Wassers und der ihm entsprechenden Temperaturverhältnisse.

Zwei besondere Reihen der Thätigkeit, der steten Veränderung, beginnen demnach mit dem ersten Auftreten des Wassers auf dem Erdkörper, und diese Reihen gerade sind es, welche an der Gestaltung und Ausschmückung der Erdoberfläche den wesentlichsten Antheil haben; ohne Quellen, Flüsse und Seen, ohne Pflanzen- und Thierwelt würde die Erdoberfläche nach menschlicher Anschauung eine starre unbewohnbare Wüste sein, wie wir es von der des Mondes wirklich voraussetzen dürfen.

Aber die Vertheilung des Wassers auf der Erde ist nicht von Anfang an dieselbe gewesen. Abgesehen von dem steten Wechsel der localen Vertheilung, welcher in gewissem Grade noch jetzt fortdauert, müssen wir voraussetzen, daß anfangs die Unebenheiten der Erdoberfläche weit geringer waren, daß eine Zeit lang vielleicht Alles mit Meer bedeckt war, daß sich dann nach und nach flache Inseln, größere Festländer und hohe Gebirgsketten daraus hervorhoben.

Denn in der That haben wir die jetzigen Unregelmäßigkeiten der Oberfläche, die Vertheilung von Waſſer, Land und Gebirgen, durchaus als eine Summirung ſehr vieler in unermeßlichen Zeiträumen aufeinander folgender geologiſcher Vorgänge, Hebungen, Senkungen, Abſchwemmungen, Ablagerungen u. ſ. w. zu betrachten.

Nach A. v. Humboldt's Schätzung beträgt gegenwärtig die mittlere Höhe aller Continente (d. h. wenn man ſie ſich mit eingeebneter Oberfläche denkt) 971 Fuß über dem Meeresſpiegel. Da nun die geſammte Landoberfläche ein Drittel von der Meeroberfläche ausmacht, ſo würde der Meeresſpiegel etwa um ein Drittel dieſer Höhe, alſo um 230 Fuß ſteigen, wenn man ſich alles Land unter das Meer verſenkt denkt, wie es eine Zeit lang der Fall geweſen ſein dürfte. Dagegen ergibt ſich aus anderen Berechnungen, daß bei gleichmäßiger Vertheilung alles irdiſchen Waſſers über eine feſte und glatte ellipſoidiſche Erdoberfläche die allgemeine Tiefe des Meeres ungefähr nur 1100 Fuß betragen würde.

Es war eine durchaus grundloſe, in die Luft gebaute Hypotheſe, wenn frühere Geologen annahmen, die auf dem Erdkörper vorhandene Waſſermenge ſei einſt ſehr viel größer geweſen als jetzt.

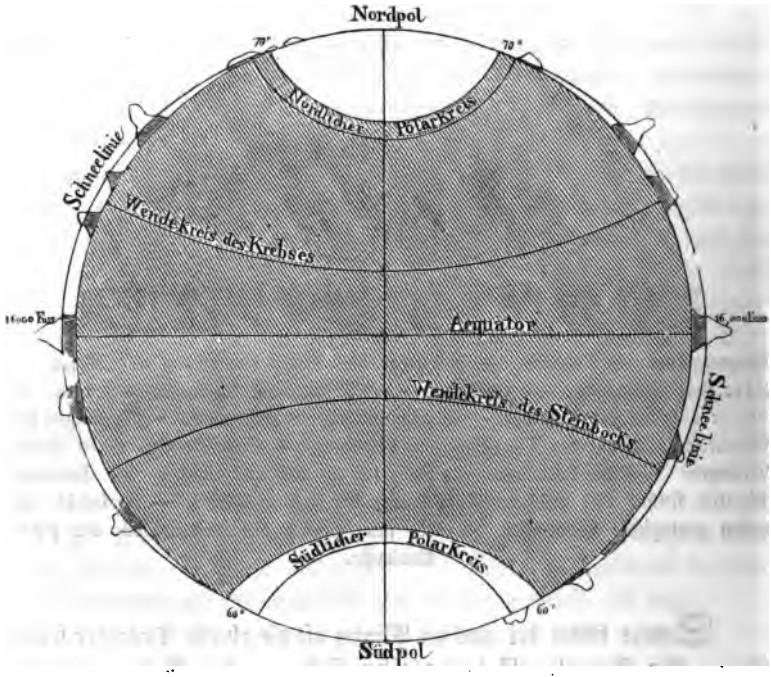
IV.

Schnee und Eis in ihrer geologischen Bedeutung.

Schneegrenze. — Polareis. — Gletscher. — Deren Entstehung und Wesen. — Ihre stete Bewegung. — Moränen. — Messung der Gletscherbewegungen. — Natur und Ursache derselben. — Schichtung des Gletschereises. — Wirkungen der Sonnenstrahlen auf der Oberfläche der Gletscher. — Eistische und deren Wanderungen. — Alte Moränen. — Eisschliff an Felsenoberflächen. — Deutliche Spuren früher viel größerer Ausdehnung der Alpengletscher. — Polareis und dessen geologische Wirkungen. — Eis und Schnee als Bestandtheile der festen Erdkruste.

Schnee bildet bei uns im Winter oft die oberste Decke der festen Erde. Am Aequator ist das nie der Fall, an den Polen und auf hohen Bergen stets. Die Grenze der sogenannten ewigen Schnee- und Eisregion erhebt sich im Mittel bei 70 Grad nördlicher und 60 Grad südlicher Breite über den Meeresspiegel und dann gegen den Aequator immer höher und höher, sodaß Berge bei uns wenigstens 7 bis 8000, am Aequator über 16 bis 17,000 Fuß hoch sein müssen, wenn ihre Gipfel mit ewigem Schnee geziert sein sollen. Es ist jedoch diese Höhe der Schneeregion, wegen Ungleichheit der mittlern Jahrestemperatur der einzelnen Erdgegenden, nicht immer den Breitengraden genau entsprechend oder unter derselben Breite ganz gleich. Das allgemeinste Verhalten des sogenannten ewigen Schnees und Eises auf unserm Erdkörper habe ich durch nachstehende Zeichnung auszudrücken gesucht.

Wo nun aber der Schnee auch im Sommer nicht oder doch nur zum Theil wegschmilzt, da häuft sich nothwendig seine Masse von Jahr zu Jahr immer dicker auf, und da es periodisch geschieht, während in den Zwischenzeiten sich durch die Wirkung der Sonne Eiskrusten bilden, oder atmosphärischer Staub auf die weißen Ober-



Schnee- und Eisregionen.

flächen aufgeweht wird, ſo entſteht dadurch eine Art Schichtung des Schnees, indem ſtets neue Schichten ſich über die alten lagern.

Die Erde müßte dadurch an den Polen immer dicker, die ſchneebedeckten Berge müßten immer höher werden, wenn nicht irgend eine Ausgleichung dieſes ſteten Zuwachſes ſtattfände. Dieſe Ausgleichung beſteht außer dem theilweiſen Aufthauen an ſonnigen Tagen, ſelbſt in den polarſten und höchſten Regionen, in Verdunſtung, Zuſammenpreſſung, Eisbildung und Wanderung der Theile. Die neuen Schichten drücken auf die alten, ihr Thauwaſſer bringt in ſie ein, ſie verwandeln ſich in Polareis und in Gletſcher. Dieſes Eis aber findet Wege in niedere Breiten als Treibeis (Triftеis) und in tiefere Regionen als Gletſcher. Wir wollen zunächſt den letztern Vorgang, als uns näher liegend, etwas genauer betrachten.

Wir treten ein in dieſe Gletſcherwelt, durch eines der Eisthore, wie ſie ſich öfters am untern Ende dieſer rieſigen Eiskörper bilden,

Eisthor des Marcellgletſchers.

dadurch daß während des Sommers ein durch Thauwaſſer gebildeter Bach aus ihnen hervorſtrömt.

Die Gletſcher ſind keineswegs gefrorene Waſſeranſammlungen, wie man wol früher gedacht hat, ſondern ſie entſtehen aus dem Schnee der Hochgebirge. Dieſen Schnee nennt man Firn, ſobald er ſeine urſprüngliche Lockerheit verloren hat und durch längeres Uebereinanderliegen bei wechſelnder Temperatur und durch Eindringen von Thauwaſſer in einen körnigen, nicht mehr ballenden Zuſtand übergegangen iſt. Auch in den niederen Gegenden Deutſchlands bildet ſich nach ſtarkem Schneefalle im Frühjahre ſolcher Firn, er häuft ſich nur nicht wie in den Hochalpen Jahr ein Jahr aus aufeinander. Da in den Regionen über der Schneegrenze, in den Alpen z. B. über 8000 Fuß, der alte Schnee niemals ganz wegſchmilzt, ſo müßten dieſe Berggegenden nothwendig alle Jahre um einige Zoll höher werden, was in Jahrtauſenden natürlich ſehr viel betragen würde, wenn nicht dieſe ſtete Erhöhung auf andere Weiſe verhindert würde. Das geſchieht durch ein allmäliges Herabſenken der Hochſchneemaſſen

in die Schluchten und Thäler. Dabei drücken sich die einzelnen zugleich von Thauwasser durchzogenen Eiskörner des Firns immer fester an- und ineinander und bilden endlich compactes Eis, Gletschereis, welches jedoch nicht ganz so dicht ist wie das gewöhnliche unmittelbar aus Wasser entstandene Eis, sondern sich stets durch unzählige Haarspalten und Bläschen auszeichnet, von denen es nach allen Richtungen durchzogen wird.

Die Gletscher sind sonach in Schluchten oder Thäler hinabgedrängte und in Eis umgewandelte Firnmassen. Sie sind aber auf diese Weise fast stets etwas und oft tief unter die Region des ewigen Schnees hinabgedrängt. In den Alpen z. B. reichen die meisten 2 bis 4000 Fuß unter die Schneegrenze herab, der Grindelwaldgletscher sogar 5000 Fuß. Es würde ganz unmöglich sein, daß sie in solcher Lage auf die Dauer bestehen könnten, wenn sich ihre Masse nicht stets erneuerte. Sie würden vielmehr nothwendig nach und nach durch Abschmelzen verschwinden. In der That schmelzen sie auch während des Sommers beständig an ihrer ganzen Oberfläche und besonders am untern Ende ab, und zwar weit mehr als der im Winter darauf gefallene Schnee beträgt; das lehren ganz deutlich die Einsenkungen aller Sandkörner und die Erhebungen der Gletschertische, von denen wir nachher sprechen werden. Aber trotzdem erhalten sich die meisten Gletscher seit langer Zeit in ungefähr gleicher Länge und Dicke. Das ist natürlich nur möglich durch ein beständiges Herabdrängen neuen Eises aus den Sammelbecken der Firnregionen. Daß aber ein solches wirklich stattfinde, daß die Gletscher in allen ihren Theilen sich fast stets abwärts bewegen, läßt sich aus sehr vielen Umständen beweisen. Namentlich durch das Vorrücken ihrer Enden, durch die Natur der Moränen (Schuttwälle auf den Gletschern) und durch directe Messungen.

Schon längst hatte man beobachtet, daß die unteren Enden der Gletscher nicht immer an derselben Stelle bleiben, sondern manchmal zurückweichen, manchmal vorrücken. Das Erstere geschieht ganz einfach durch Abschmelzen, das Letztere aber erfolgt nicht etwa durch Neubildung von Eis am untern Ende, sondern das vorhandene Gletscherende wird, wie wir noch näher sehen werden, durch Ausdehnung des ganzen Gletschers weiter im Thale hinabgeschoben. Es ergibt sich daraus, daß wenn das untere Ende an derselben Stelle bleibt, dieser Umstand nur dem Gleichgewichte beider Wirkungen zu

verdanken ist, d. h. wenn das Abschmelzen gerade so viel beträgt als das Vorrücken, so bleibt das Ende auf derselben Stelle. Diesen Standpunkt haben aber natürlicherweise im Allgemeinen alle Gletscher im Laufe der Zeit ungefähr annehmen müssen. Sie sind so lange gewachsen oder abgeschmolzen, bis das Gleichgewicht hergestellt war. Da aber die mittleren Jahrestemperaturen nicht völlig gleich bleiben und da ferner auf den Zustand der Gletscher nicht blos die mittlere Temperatur, sondern auch die Art der Witterung einwirkt, und da die letztere, je nach der herrschenden Richtung der Winde, auf ungleich gelegene Gletscher ungleich einwirkt, so ist es sehr natürlich, daß nicht nur in besonders trockenen und warmen Perioden alle Gletscher etwas zurückweichen, in sehr kalten, nassen und schneereichen aber etwas vorrücken, sondern daß auch bei gewöhnlichen Zuständen, durch die Ungleichheit der Windwirkung bedingt, einige Gletscher ihr unteres Ende vorschieben, andere es zurückziehen. Es ist beides die nothwendige Folge einer Combination einwirkender Umstände.

Ein zweiter Beweis des steten Vorrückens aller Gletschertheile ergibt sich, wie gesagt, aus der Natur- und Bildungsweise der Moränen. Diese entstehen so: Von den steilen Abhängen der Gletscherthäler fallen, durch Winde, Wasser und Lawinen bedingt, theils vereinzelt, theils an vorzugsweise dazu geeigneten Orten, Steinschutt und große Felsblöcke herab, die auf dem Eise, am Rande des Gletschers liegen bleiben. Nun findet man aber in diesen Seitenmoränen stets alle Gesteinsarten beisammen, die irgendwo an dem entsprechenden Thalgehänge über dem Gletscher in größerer Masse anstehen. Das könnte nicht der Fall sein, wenn sie an der Stelle, wo sie auf das Eis herabfielen, auch liegen blieben. Wäre es so, dann müßte man in den Seitenmoränen überall nur die Gesteine vorfinden, die gerade darüber am Gehänge anstehen. Da man aber bis an das unterste Ende des Gletschers hinab auch alle die Gesteinsarten auf den Moränen findet, die zuweilen 1 oder 2 Meilen weiter thalaufwärts neben dem Gletscher anstehen, so ergibt sich daraus ein steter Transport der Steine durch den Gletscher. Derselbe erfolgt so: Die Steine und Schuttmassen fallen hier und da, besonders häufig an einzelnen Stellen, von den Felsgehängen auf den Gletscher herab. Dieser aber wird stets darunter hinweggeschoben, und so geschieht es, daß die darauf liegenden Massen mit dem Eise weiter im Thal hinab-

Vereinigung des Stock- und Marcellgletſchers im Oetzthale.

rücken, während immer neue auf neue Stellen des Eises fallen. Statt daß, wenn das Eis ruhig bliebe, an einzelnen Punkten große Haufen entstehen müßten, bildet sich ein ziemlich gleichförmiger Schuttwall, der an jeder Stelle Abfälle aus allen den Theilen des Thales enthält, bei denen er vorbeigeschoben worden ist.

Noch deutlicher zeigt sich dieses Vorrücken in den Mittelmoränen. Diese entstehen nämlich durch Vereinigung zweier Gletscher und ihrer Seitenmoränen. Sehr schön sieht man das z. B. an der Vereinigung des Stock- und Marcellgletschers im Oetzthale (s. vorhergehende Abbild.), oder an der ganz ähnlichen des Finster- und Lauter-Aargletschers im Berner Oberlande. Die Entstehung einer Mittelmoräne wäre ohne die Bewegung des Eises geradezu unmöglich.

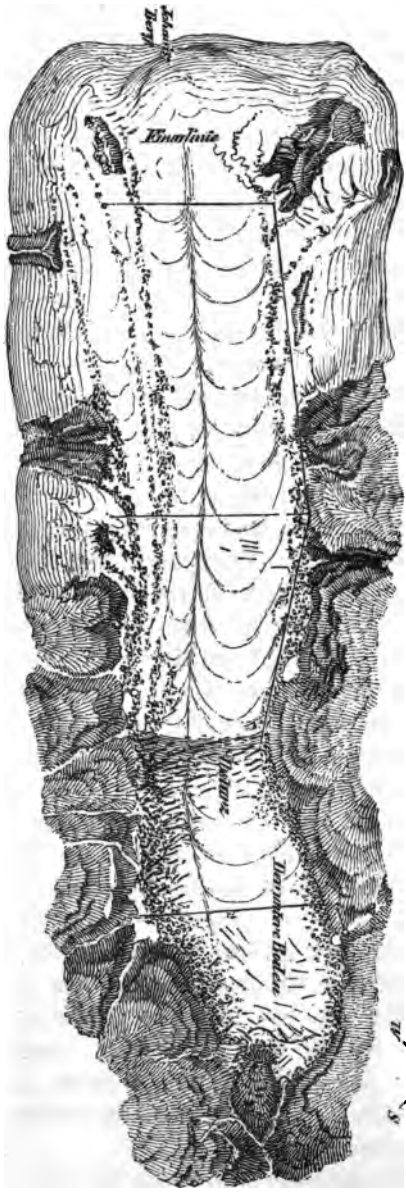
Die Mittelmoränen können keinen Zuwachs mehr von den Thalgehängen erhalten, von denen sie gänzlich getrennt sind, sie bestehen lediglich aus Stein- und Schuttmassen, die vor der Vereinigung zweier Gletscher deren Seitenmoränen bildeten.

Aus der Zahl der Mittelmoränen kann man daher zuweilen schon am untern Ende eines Gletschers ungefähr erkennen, wie viel Zweiggletscher er in sich vereinigt hat. Doch ist ein solcher Schluß nie ganz sicher, weil manche kleinere Gletscher keine Seitenmoränen haben, und weil einander oder einer Seitenmoräne naheliegende Mittelmoränen während des Vorrückens sich zuweilen miteinander vereinigen, was theils durch die unregelmäßige Bewegung des Eises, theils durch besondere Wanderung der Steine auf dem Eise geschieht.

Auf dem Aargletscher kann man z. B. nur eine sehr starke und ein paar kleinere Mittelmoränen, die parallel nebeneinander verlaufen, unterscheiden, während doch einige zwanzig kleinere Gletscher sich zu diesem über $1^3/_4$ Meilen langen mächtigen Eisstrome verbunden haben.

Auf dem Pasterzengletscher, dem größten am Großglockner, unterscheidet man, wie die nachstehende Abbildung wegen ihrer geringen Größe leider nicht so deutlich als das Schlagintweit'sche Original zeigt, im obern Theile 19 bis 20 einzelne Moränen, deren eine, statt aus Steinen, merkwürdigerweise aus Firnschnee besteht, die aber alle, mit Ausnahme der letztern, gegen das untere Gletscherende hin sich zu zwei Seitenmoränen vereinigen.

Am untern Ende selbst tritt dann schon durch den steilern Abfall des Eises ein Durcheinanderrollen der einzelnen Moränen ein,



Der Baltzenglescher am Großglockner.

sodaß sich hier gewöhnlich alle, sowol Mittel- als Seitenmoränen, zu einer Endmoräne verbinden. Diese wächst nothwendig stets an, so lange das Gletscherende auf derselben Stelle bleibt, da hier alle mit dem Eise wandernden Steine ihr Ziel finden und sich somit summiren, so lange das Ende stationär ist. Dadurch haben sich zuweilen Schutt- und Steinwälle von einigen Hundert Fuß Höhe gebildet, die man als alte Endmoränen weit unterhalb der jetzigen Gletscherenden in den Thälern findet. Das vorrückende Gletscherende schiebt diese Schuttmassen theils vor sich her zusammen, theils aber überschiebt es dieselben; das Zurückweichende dagegen läßt, wenn es gleichmäßig zurückweicht, ebene Steinfelder hinter sich, wenn es periodisch zurückweicht, einzelne gekrümmte Querwälle, wie man sie jetzt z. B. sehr deutlich vor dem gegenwärtigen Ende des Rhonegletschers sieht.

Der dritte Beweis des steten Vorrückens aller Gletschertheile ist durch directe Messungen geführt worden, und ist natürlich der wichtigste, da er zugleich über die Schnelligkeit und örtliche Ungleichheit der Bewegung Aufschluß gibt.

Diese Beobachtungen stammen erst aus den letzten Jahren her und wir verdanken sie hauptsächlich der rastlosen Thätigkeit Agassiz', Forbes' und der Gebrüder Schlagintweit. Früher hatte man wol den Fortschritt der unteren Gletscherenden oder den einzelner Moräneblöcke gemessen, aber erst unter Agassiz' Leitung begann Herr Wild im Jahre 1842 die specielle Aufnahme und Nivellirung des Aargletschers, sowie insbesondere eines Mittelstückes desselben. Die dann mehre Sommer hintereinander oft wiederholte Messung der einmal bestimmten Punkte hat sehr ausführliche und complicirte Resultate geliefert, von denen ich nur einige hier mittheilen will, die ich noch überdies, um sie nur einigermaßen schnell übersichtlich zu machen, auf eine, wie ich wol weiß, etwas unrichtige Weise zusammenstellen muß, indem ich mittlere Resultate durch Schätzung erziele, die sich durch Rechnung gar nicht erlangen lassen. Die Fortbewegung des Eises ward am schnellsten gefunden in der mittlern Region der Längenausdehnung, und da wieder in der mittlern Region der Breite; sie betrug nämlich hier an dem einen Rande im Sommer täglich etwa 0,134 Meter, am andern Rande 0,048 Meter, in der Mitte der Breite 0,289 Meter; während sie in der Nähe des untern Endes an einem Rande 0,073, am andern 0,098 und in der Mitte 0,093 betrug. Das sind aber, wie gesagt, insofern nur annähernde Werthe, als die Bewegung in jedem Breiten- und Längentheile etwas ungleich schwankt, sowol in den verschiedenen Zeiträumen, als auch in gleichen Zeiträumen. Aehnlich sind die Resultate der Niveaumessungen, und ähnlich sind auch die Resultate der von Forbes und Schlagintweit untersuchten Gletscher; man muß die vollständigen Tabellen genau mit den Situationsplänen vergleichen, um ein ganz richtiges Bild von der Sache zu erhalten. Die größte Bewegung in einem Sommertage (24 Stunden) hat Forbes am Glacier des Bois beobachtet, sie betrug 52 Zoll; wäre sie in allen Jahreszeiten gleich groß, so würde das also im ganzen Jahre 1581 Fuß ausmachen, sie ist aber im Winter geringer und beträgt für das ganze Jahr nur 800 bis 900 Fuß. Der Aargletscher rückt am schnellsten Punkt jährlich etwa 240 Fuß vorwärts, im Mittel

täglich nicht ganz einen Zoll, der Pasterzengletscher nicht einen halben Zoll vor.

Jedenfalls folgt aus diesen Beobachtungen, daß die Gletscher nicht nur in der Mitte ihrer Breite sich schneller bewegen, als an beiden Seitenrändern, was, wie bei den Flüssen, durch den Frictionswiderstand bedingt sein dürfte, sondern daß sie auch in der Mitte ihrer Länge gewöhnlich schneller vorrücken, als gegen ihre unteren Enden hin, sie müssen sich demnach etwas in sich zusammenschieben. Das waren zum Theil wenigstens unerwartete Resultate, aus welchen zugleich hervorgeht, daß das Eis der Gletscher nicht ganz starr ist und sich nach ähnlichen Gesetzen bewegt, wie das Wasser eines Flusses, nur unendlich viel langsamer. Mit anderen Worten: die Gletscher fließen in den Thälern hinab. Es klingt freilich etwas sonderbar, zu behaupten, ein so starrer Körper wie Eis fließe. Es bedarf das einer weitern Erläuterung und Begründung.

Eine Begründung der so paradox klingenden Ansicht kann man zunächst darin finden, daß die Gletscher alle Unebenheiten und alle Unregelmäßigkeiten der Thäler wirklich ausfüllen. Wenn z. B. das von einem Gletscher eingenommene Thal sich örtlich stark verengt und dann wieder erweitert, und diese Gestaltung sich mehrfach wiederholt, so werden dennoch alle diese Erweiterungen vom Eise erfüllt. Ein völlig starrer Körper würde sich schon gar nicht durch eine engere Oeffnung, als er selbst ist, hindurchschieben lassen, ohne gänzlich zu zerspalten; wäre das aber auf Kosten seiner Integrität dennoch geschehen, so würde er sich dann in keinem Falle genau der Form der Erweiterung anschließen. Das Alles ist aber bei den Gletschern der Fall, und folglich eine Bestätigung der Verschiebbarkeit ihrer Theile.

Aber in den Gletschern reißen ja Spalten auf, zwischen deren senkrechte Wände man tief hinabblicken kann, und diese Spalten zeigen sich gerade da besonders, wo die Thalform vom Eise eine Biegung verlangt. Spalten aber sind eine Eigenthümlichkeit fester Körper im Gegensatz zu flüssigen. Wo ist indessen die scharfe Grenze zwischen fest und flüssig? In welchem Moment nennt man geschmolzenes und erstarrendes Wachs nicht mehr flüssig, sondern fest? Welcher Körper wäre überhaupt absolut starr und ließe bei hinreichendem Druck keine Verschiebung seiner Theile zu? Wie verhält es sich endlich mit den Mengungen fester und flüssiger Körper, z. B.

des nassen Sandes? Alle diese Fragen sind hier wohl zu beachten, am meisten vielleicht die letztere.

Die Theile der Gletscher müssen nothwendig in gewissem Grade verschiebbar sein, das ergibt sich aus einer großen Zahl genau beobachteter Thatsachen. Ob aber diese Verschiebbarkeit in einer Plasticität der kleinsten Theilchen besteht, oder in einer Verschiebbarkeit der Eiskörner aneinander, die durch die trennenden Haarspalten oft rings von Wasserzonen umgeben sind, ähnlich wie das Eis der Conditoren von Fruchtsaft oder Crême, das ist eine Frage, die noch genauer Erörterung bedarf.

Nachdem ich jetzt entwickelt habe, in welcher Weise die Bewegung der Gletscher der Hauptsache nach stattfindet, muß ich nun doch noch auf die Ansichten zurückkommen, die man früher über diesen Gegenstand aufstellte und die zum Theil einige Epoche gemacht haben.

Saussure, der erste genaue Beobachter der Gletschererscheinungen, und vor ihm schon Gruner, nahmen ganz einfach an, die Bewegung erfolge durch Hinabgleiten auf geneigter Oberfläche, unter Mitwirkung des Druckes der oberen Firnmassen. Diese Erklärung war so einfach und schien so natürlich, daß man sie lange Zeit ohne weitere Prüfung für allein richtig hielt. Als aber Venetz und v. Charpentier zeigten, daß die erratischen Blöcke am Jura nur durch Gletscher dahin getragen worden sein können, die von den hohen Gipfeln der Alpen einst bis hier herüber gereicht haben, sah man wol ein, daß durch bloßes Gleiten auf geneigter Bodenfläche die Gletscher niemals bis zum Jura hätten vorrücken können, da die ganze Neigung vom Kamme der Alpen bis zu den Blöcken am Jura nicht einmal ganz 2 Grad beträgt. Man suchte nun nach einer andern Ursache des Vorrückens der Gletscher.

v. Charpentier in Ber glaubte nachweisen zu können, daß die Bewegung der Gletscher hauptsächlich durch eine innere Ausdehnung derselben bewirkt werde; durch allnächtliches Gefrieren des an allen warmen Tagen in die Haarspalten des Gletschereises eingedrungenen Thauwassers, welches überall in zahllosen Bächen und Rinnen auf der Oberfläche dahinfließt. Agassiz bildete diese Hypothese weiter aus; ich glaube aber nicht auf ihre Einzelheiten eingehen zu müssen, da sie in ihrer Allgemeinheit durch viele Umstände widerlegt und von Agassiz selbst aufgegeben ist. Dasselbe gilt von Dr. Petzholdt's

Hypothese, nach welcher das Eis durch die Kälte ausgedehnt werden sollte, während Dr. Brunner gezeigt hat, daß auch das Eis wie die übrigen festen Körper durch Wärme ausgedehnt und durch Kälte zusammengezogen wird. Noch weniger glaube ich auf die monströsen Phantasien einiger Naturforscher eingehen zu müssen, nach welchen die Gletscher durch ein eigenthümliches inneres organisches Leben bewegt werden sollen, wie man ihnen denn sogar eine Art von Verdauungsproceß angedichtet hat.

Man darf es also gegenwärtig als unzweifelhaft betrachten, daß die Bewegung der Gletscher hauptsächlich in einem höchst langsamen Fließen, außerdem auch hier und da in einem Gleiten durch eigne Schwere oder durch den Druck der Firnmassen besteht. Ganz untergeordnet mag dabei selbst die Volumvermehrung in Spalten gefrierenden Wassers wirken, welches sich bekanntlich bei seinem Festwerden um $^1/_9$ ausdehnt.

Die Bewegung des Fließens wird in den unteren Gletscherregionen die vorherrschendste sein, die des Gleitens in den oberen, meist steiler geneigten und kälteren. Beide Bewegungsarten bewirken durch die am Boden und in den Seitenwänden der Gletscher eingefrorenen Steine und Sandtheile, welche mit dem Eise, durch dasselbe fest aufgepreßt, fortgeschoben werden, die Abrundung, Abschleifung und Kritzung der Felsoberfläche, die man in den Alpenthälern so häufig wahrnimmt. Jeder Gletscher wirkt dadurch gleichsam wie eine langsam aber unter ungeheuerm Druck bewegte Feile. Die als Zähne der Feile thätigen Steine und Sandkörner verändern dabei mehrfach ihre Lage, und so kommt es, daß die Steine selbst zu unregelmäßigen Geschieben abgerundet werden, an deren Oberfläche man häufig noch Kritze und Furchen wahrnimmt, was bei den durch Wasser abgerundeten Geschieben niemals der Fall ist. Solche Geschiebe findet man nicht nur zuweilen dicht vor den Gletscherenden, sondern auch in den entfernten Moränetheilen, z. B. von den Hochalpen herrührend 10 Meilen weit von da, am Abhang des Jura.

Durch die sorgfältigen Gletscherbeobachtungen der neuern Zeit haben sich noch eine Menge andere geologisch und physikalisch interessante Thatsachen ergeben, von denen ich einige hier wenigstens kurz erwähnen will.

Der Schnee auf den Hochgebirgen wird natürlich in den einzelnen Perioden seines Falles schichtweise übereinander gehäuft. Die Schichten

sind theils durch einen kleinen Unterschied der Textur der Berührungsflächen gesondert, theils, und noch besser, durch die feinen Staublagen, welche in der Zwischenzeit zweier Schneefälle oft aufgeweht werden und der alten Firnoberfläche in der Regel einen grauen Schein verleihen. Diese grauen Staublagen geben sich nun selbst im Gletschereise noch als Abgrenzungen der periodischen Schneefälle oder Schichten zu erkennen. Bei gewissen Beleuchtungsverhältnissen kann man sie überall in dem unbedeckten Gletschereise wahrnehmen, und da zeigen sie denn oft die wunderbarsten Windungen, welche durch die Ungleichmäßigkeit der Bewegung in den einzelnen Gletschertheilen hervorgebracht werden. Doch muß ich hier bemerken, daß die Gebrüder Schlagintweit, welche sich neuerlich sehr eifrig mit dem Studium der Gletscher in den östlichen Alpen beschäftigt haben, diese Schichtung der Gletscher nicht für Folgen der Schichtung des Firns halten, sondern für die Folge von Lostrennungen eigenthümlicher Art.

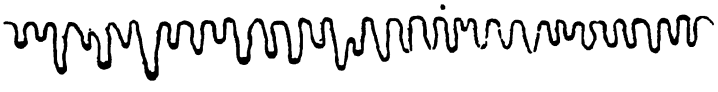
Gewöhnlich sind die Schichtwechsel oder einzelne Schichten des Eises vorzugsweise von Wasser durchdrungen, und es scheint diese Beförderung der Wassercirculation durch die Schichtung ganz besonders ein Element der Plasticität und Bewegung zu sein.

Man hat Beobachtungen über die innere Temperatur der Gletscher angestellt, und es hat sich dabei gezeigt, daß dieselbe, wie auch erwartet werden mußte, im Sommer außerordentlich constant stets 0 Grad ist. Wo Eis von Wasser durchdrungen wird, wie das im Sommer bei den Gletschern der Fall ist, da kann es nicht wol anders sein. Im Winter aber, nachdem das tägliche Aufthauen auf der Oberfläche aufgehört hat, fällt auch das Durchdrungensein von Wasser weg, der große Eisschwamm läuft aus, und endlich versiegt der Bach, der aus ihm hervorkommt. Von diesem Zeitpunkte an sinkt die Temperatur unter Null herab, jedoch nur sehr langsam, wie es scheint, und Agassiz hat an den während des Winters versenkten Thermometrographen, die freilich oft verunglückten, keinen tiefern Stand als $-2^1/_{10}$ beobachten können.

Ich erwähnte schon, daß man den Gletschern sogar eine Art Verdauungsproceß zugeschrieben hat. Diese Idee verdient nur ihrer Sonderbarkeit wegen und weil sie sogar von einem berühmten Physiologen nacherzählt worden ist, eine kleine Berücksichtigung. Der Verdauungsproceß sollte darin bestehen, daß die Gletscher alle heterogenen Körper, welche etwa in ihre Spalten hineinfielen, durch

eine besondere Art von bewußtloser Secretion wieder von sich gäben. Wenn man diese naturhistorischen Schwärmereien liest, so möchte man beinahe glauben, die Gletscher sperrten nur deshalb Spalten auf, um unvorsichtige Gemsen oder Naturforscher darin zu fangen, zu verspeisen und später ihre Knochen wieder auszuspucken.

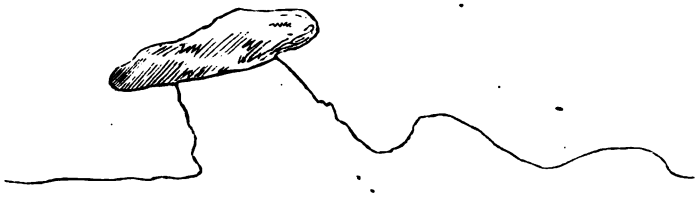
Die Thatsache des an die Oberfläche Kommens vom Gletscher eingeschlossener fester Körper erklärt sich ganz einfach durch das stete Abschmelzen dieser Oberfläche während der Sommermonate. Was 10 Fuß tief unter der Gletscheroberfläche im Eise fest sitzt, muß nothwendig an der Oberfläche erscheinen, sobald die 10 Fuß dicke Eisschicht, welche darüber war, weggeschmolzen ist. Dieses stete Abschmelzen an allen warmen sonnigen Tagen bringt noch einige andere sehr auffallende Erscheinungen hervor. Liegen auf der Eisoberfläche dunkle Körper, so werden diese, von der Sonne beschienen, stärker erwärmt als das Eis, und wenn sie nicht zu groß sind, um im Laufe eines Tages durch und durch erwärmt werden zu können, so thauen sie durch ihre Erwärmung ein Stück in die Eisoberfläche ein, während das dadurch gebildete Wasser in der dünnen Atmosphäre der hohen Gebirgsgegenden gewöhnlich schnell verdunstet oder in die feinen Spalten des Gletschereises eindringt. Da nun die ganze Gletscheroberfläche durch die Vermittlung der Winde stets mit kleinen Steinchen, Sandkörnchen und Staubtheilchen oder Ueberresten von Insecten und anderen organischen Körpern bedeckt ist, so schmelzen diese alle ein Stück in die Oberfläche ein und hinterlassen lauter kleine Löcher. Die Gletscheroberfläche erhält dadurch ein poröses, gleichsam zerfressenes Ansehen, wie folgende Figur im Querschnitt darstellt.



Eislöcher.

In jedem Loche liegt ein dunkles Körperchen. Sobald aber Steine auf dem Eise liegen, die zu groß sind, um von den Sonnenstrahlen durch ihre ganze Masse erwärmt werden zu können, so wirken diese im Gegentheil als Schutz gegen das von ihnen bedeckte Eis. Während nun rings um sie herum die Gletscheroberfläche durch Abschmelzen stets niedriger wird, bleiben sie auf Eispfeilern liegen,

die nach und nach immer höher und dünner werden, d. h. ihr Wachsen ist eben nur ein relatives und besteht im Nichtabschmelzen, während ihre Umgebung abschmilzt. So entstehen die sogenannten Gletschertische. Aber die Stiele dieser Tische erreichen bald ein Maximum der Höhe, namentlich deshalb, weil die Sonnenstrahlen etwas schräg von Süden her wirken, und daher auf der Südseite den Stein unterminiren. Auf diese Weise werden fast alle diese Eisstiele schief, indem sie von Süd gegen Nord geneigt sind.



Eistischbildung.

Wird die südliche Unterminirung zu groß, so bricht der Stiel und läßt den Stein, die Tischplatte, stets gegen Süd herabfallen. Hier beginnt derselbe Proceß aufs Neue und wiederholt sich so oft, als die Gelegenheit es erlaubt, d. h. als der Stein auf von der Sonne beschienenes Eis fällt. So sieht man denn im Sommer und Herbst nicht nur fast alle einzelnen größeren Steinblöcke auf der Gletscheroberfläche in den verschiedensten Zuständen der Gletschertischbildung begriffen, die einen eben abgefallen, platt auf dem Eise liegend, die anderen auf niederen oder bis 14 Fuß hohen Stielen, sondern nördlich hinter jedem bemerkt man auch noch zwei oder drei Eishügel, welche von abgebrochenen und noch nicht ganz eingeebneten Stielen herrühren. Alle die größeren Blöcke wandern hierdurch stets auf den Gletschern gegen Süd. Das erklärt auch zugleich, warum sie überhaupt zerstreut umherliegen, da sie doch nicht wie der feine Sand und Staub vom Winde aufgeweht sein können. Sie sind stets einer nördlich gelegenen Moräne entlaufen. — Jeder große Stein, der am Südrande einer Moräne etwas frei liegt, beginnt diese eigenthümliche selbständige Wanderung. Ihre Zahl nimmt darum von oben nach unten stets zu. Weit oben, wo der Gletscher noch keinen großen Weg zurückgelegt hat, sein Eis also auch noch nicht sehr viele Jahre der Sonnenbestrahlung ausgesetzt ist, sind erst einzelne der Moräne entsprungen und haben sich auch noch nie weit von ihr entfernt, am

untern Ende langer Gletſcher haben ſie ſich aber oft über die ganze Oberfläche ausgebreitet.

Eistiſch auf dem Mer de Glace.

Aus dieſen beiden ertremen Fällen der Sonnenwirkung erkennt man, welche verſchiedenartigen Zwiſchenſtufen zu erwarten ſind. Es gibt Steine von mittlerer Größe, die an nicht ſehr ſonnigen Tagen anfangen, Tiſche zu bilden, während ſie an ſehr ſonnigen ſich durch und durch erwärmen und die angefangenen Stiele wieder einſchmelzen. Liegt irgendwo eine dünne Anhäufung von Sand, die ſich ganz erwärmt, ſo bildet ſie gemeinſchaftlich ein rundes oder ovales Loch, welches ſich ſchräg gegen Nord einſenkt, ſodaß ein hineingeſtellter Stab mit dem obern Ende ſtets gegen Süd weiſt. Dieſe mit Waſſer gefüllten „Mittagslöcher" werden zuweilen ſo tief, daß man mit dem längſten Alpenſtock keinen Grund erreichen kann. Es iſt dann ein gewöhnlicher Scherz, den Stock gewaltſam hinein zu harpuniren, worauf er bald als geſchickter Taucher hoch emporſchnellt.

Liegen aber dickere Sand- oder Geröllmaſſen beiſammen, ſo ſchützen ſie das Eis unter ſich und bilden einen ſchuttbedeckten Eishügel. Auf dieſe Weiſe treten auch alle die dickeren Moränen über das gewöhnliche Gletſcherniveau hervor. Die Hauptmittelmoräne des Aargletſchers erreicht an einigen Stellen über 100 Fuß Höhe, aber dieſer mächtige Steinwall beſteht keineswegs aus lauter Steinen,

Der Arollagletſcher.

ſondern der Hauptſache nach aus Eis, welches nur dicht von Steinen bedeckt iſt. Ein Querſchnitt derſelben würde ungefähr ſo ausſehen.

Die Gletſcher transportiren aber nicht nur eine Menge Schutt und Steinblöcke, die auf ihre Oberfläche gefallen ſind, ſtets thalabwärts, ſie hier und da an den Thalgehängen oder auf dem Boden als Moränentheile liegen laſſend, ſondern durch ihre Bewegung unter ſehr ſtarkem Druck ſchleifen ſie auch die Oberfläche aller Felſen ab, über die ſie hinweggehen, und wirken gleichſam wie ungeheure

Pierre a Dzo. Ein Moräneblock bei Monthey im Rhonethal.

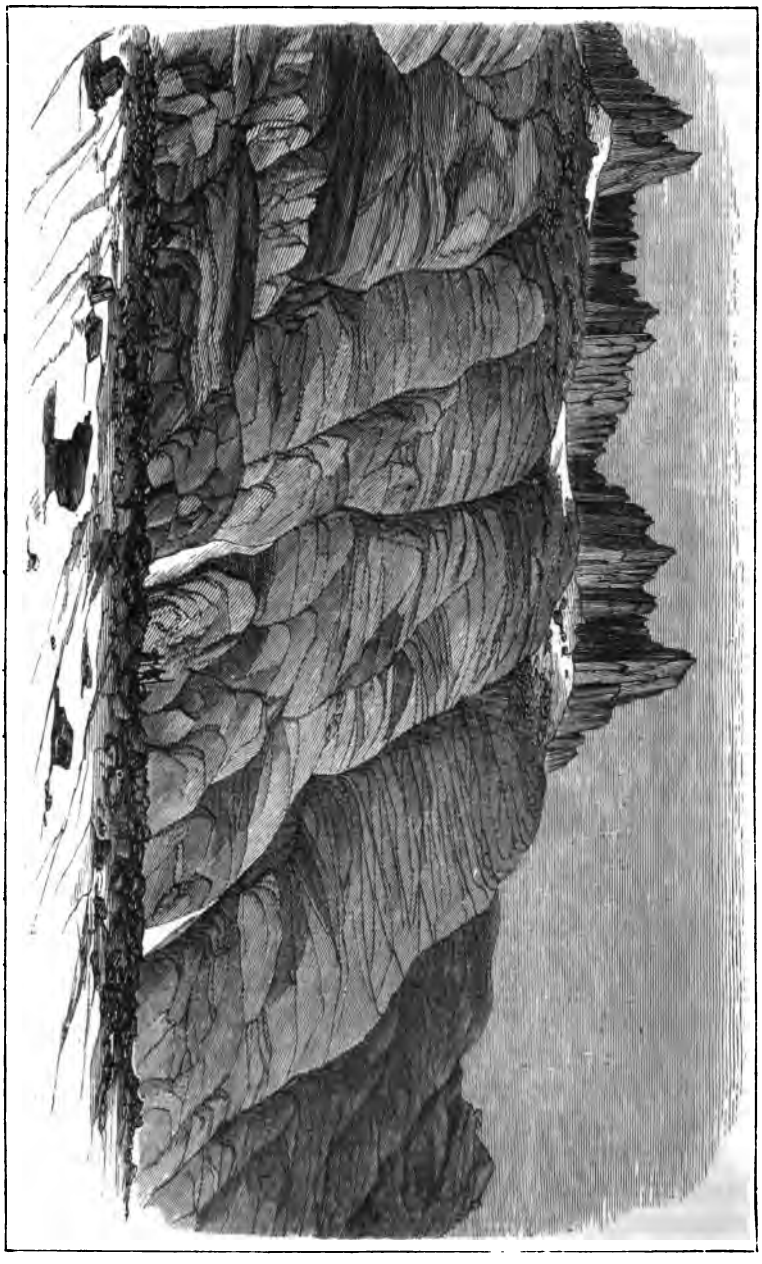
Feilen, die unter sehr großem Druck in den Thälern fortgeschoben werden, wobei die in das Eis eingefrorenen Steine und Sandkörner vom wesentlichsten Einfluß sind.

An den hier und da liegen gebliebenen Endmoränen oder einzelnen Moräneblöcken, sowie an der Abrundung, Politur und parallelen Kritzung der Felsgehänge, erkennt man in sehr vielen Thälern der Alpen eine früher weit größere Ausdehnung der Gletscher, ja es erklären sich dadurch sogar alle die sogenannten erratischen Blöcke, die man in den Umgebungen der Alpen vielfach vorfindet, welche von den innersten und höchsten Bergen der Alpenkette herrühren, und doch zuweilen als hausgroße Felsmassen 8 bis 10 Meilen von denselben entfernt, auf Anhöhen von mehren Tausend Fuß, am Juragebirge z. B. bis über 3000 Fuß hoch, vorgefunden werden.

Das obere Aarthal zeigt die Abrundung seiner Felsgehänge bis zu einem gewissen Niveau, dem einstigen höchsten Stand seines Gletschers, ganz besonders deutlich. Umstehende Figur stellt einen Theil desselben dar, wobei man nicht vergessen möge, daß die oberen zackigen Felsen ganz aus demselben Gestein bestehen, wie die unteren abgerundeten und oft glänzend polirten oder parallel gekritzten, daß also der Unterschied der Form hier nur ein äußerer, durch äußere Ursachen bedingter sein kann. — Aus der Zusammenstellung dieser Erscheinungen, welche eine früher weit größere Ausdehnung der Alpengletscher beweisen, ergibt sich, daß die ganze niedere Schweiz zwischen den Hochalpen und dem Juragebirge einst in einer bestimmten geologischen Periode von Gletschereis überdeckt war, welches besonders aus den Hauptthälern der Rhone, der Aar und der Reuß hervorkam. Die gegenwärtigen Gletscher sind davon gleichsam nur kleine Ueberreste, obwol sie immer noch groß genug sind, um die Aufmerksamkeit im höchsten Grade auf sich zu lenken. Die Dicke des Unteraargletschers beträgt z. B. nach angestellten Messungen an manchen Stellen sicher über 800 Fuß, seine Breite $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{4}$ Meile, seine Länge $1\frac{3}{4}$ Meilen; etwa 20 kleinere Zweiggletscher verbinden sich in ihm zu dieser großen Hauptmasse.

Die Länge des Aletschgletschers, welcher der größte in den Alpen ist, beträgt sogar $2\frac{3}{4}$ geographische Meilen.

Das sind Dimensionen von Eismassen, wie sie in keinem norddeutschen Gebirgsthale Raum finden würden, wenn diese auch der entsprechenden Temperatur ausgesetzt wären.



Linkes Felsgehänge neben dem Unteraargletſcher.

Die spitzbergischen Gletscher, welche natürlich bis in das Meer herabreichen, sind mehr in die Breite als in die Länge ausgedehnt; der größte derselben, der Hornsound, hat nach Scoresby am untern Ende eine Breite von 11 englischen Meilen bei 360 Fuß Dicke. Außerdem kennt man sehr große Gletscher in Norwegen (Isbräen genannt), auf Island (Jökul genannt), im Himalaja, in den Anden, wo sie nach Darwin an der Westküste von Patagonien in der Breite von Genf (47 Grad) bis in das Meer hinabreichen, und kleinere in den Pyrenäen (Serneilhes); die größten aber endlich in West-Grönland. In mehren dieser Gegenden, und auch in anderen Gebirgsgegenden der nördlichen Hemisphäre hat man, wie in den Alpen, die Beobachtung gemacht, daß alle Gletscher in einer gewissen Periode weit ausgedehnter gewesen sein müssen, und sogar wo es jetzt gar keinen ewigen Schnee oder Eis mehr gibt, sind deutliche Spuren früherer Gletscher nachgewiesen worden, so besonders in Schottland, und in den Vogesen durch Colomb.

Es muß demnach eine Zeit gegeben haben, in welcher die nördliche Hemisphäre kälter war als jetzt, etwa so kalt, als gegenwärtig die südliche, in der, wie wir gesehen haben, in derselben Breite, unter welcher unsere Alpen liegen, die Gletscher bis in das Meer herabreichen. Eine andere Vertheilung von Wasser und Land reicht hin, diese Thatsache zu erklären, wie denn auch gegenwärtig das gänzliche Ueberwiegen der Wasser- über die Landoberfläche in der südlichen Hemisphäre Hauptursache ihrer im Mittel niedrigern und dennoch etwas gemäßigtern Temperatur ist, weil die Wasseroberfläche durch Verdunstung eine große Menge Wärme absorbirt (latent macht).

Die Gletscher sind somit nicht nur gegenwärtig höchst interessante geologische Phänomene, welche durch Abschleifung und Transportirung von Felsblöcken zur Veränderung der Erdoberfläche beitragen, sondern die Spuren ihrer frühern Ausdehnung belehren zugleich über frühere erdphysikalische Zustände.

Wie sich die Gletscher zu den hohen Gebirgsketten verhalten, so ungefähr verhält sich das Polareis zum Erdganzen. — Seine Entstehung ist jedoch nicht auf die Umwandlung von Schnee in Eis beschränkt, sondern es entsteht wol auch aus gefrierendem Wasser (Meer). Seine Ausdehnung von den Polen nach den Aequatorialgegenden hin ist wesentlich bedingt durch die ungleichen klimatischen

Verhältnisse der Erdoberfläche, welche durch die Isothermen (Linien gleicher mittlerer Wärme) ausgedrückt werden. Die Regionen des ewigen Frostes überschreitet es ebenso wie die Gletscher, jedoch nicht als zusammenhängende Masse, sondern in Gestalt losgetrennter Eisberge und Schollen, welche von den Strömungen des Meeres oft weit in die gemäßigte Zone hineingeführt werden. Diese Eisberge und Schollen, mögen sie nun vom Polareise selbst, oder von in das Meer einmündenden Gletschern herrühren, sind sehr häufig beladen mit Steinschutt und mächtigen Felsblöcken, welche sie auf diese Weise aus den beiden kalten Regionen der Erde nach den wärmeren Gegenden hintragen, wo sie beim Aufthauen des Eises zu Boden fallen. Dieser Vorgang ähnelt dem Transport durch Gletscher, findet aber in viel größerm Maßstabe und nur nach bestimmten Richtungen statt. Durch ihn werden erratische Blöcke noch jetzt alljährlich von den Polargegenden in die gemäßigten Zonen eingeführt und auf dem Boden des Meeres oder an flachen Küsten abgelagert.

Zahlreiche Beispiele dieses Transportes hat man beobachtet, noch ganz neuerlich erzählte C. Sutherland ein solches in seiner Voyage in Baffins-Bay and Barrows-Strait. Als Herr Petersen im Monat October längs der flachen Küste Netze für weiße Wallfische ausgelegt hatte, kehrte er nach einigen Stunden zu ihnen zurück. Da mehre Schwimmer unter das Wasser gezogen waren, so glaubte er sicher Fische gefangen zu haben. Als er aber das Netz zu heben begann, fand er darin zu seinem Erstaunen keinen Fisch, sondern einen enormen Felsblock. In der Nähe erblickte er auch noch die Eismasse, die ihn im Vorbeitreiben hatte fallen lassen.

Es kann kaum noch einem Zweifel unterliegen, daß die vielen sogenannten nordischen Geschiebe, oft hausgroße Felsblöcke ohne bemerkbare Abrundung der Ecken und Kanten, welche, aus Scandinavien und Finnland abstammend, über die große europäische Niederung in Deutschland, Dänemark und Rußland ausgestreut sind, auf diese Weise transportirt wurden, nicht durch bloße Fluten oder durch gigantische Schleuderkraft, welche letztere Hypothese sehr lebhaft an die mythologische Phantasie von der Arbeit der Titanen erinnert.

Auch diese weit ausgebreiteten erratischen Felsblöcke deuten, wie die Spuren vorhistorischer Gletscher, sehr bestimmt auf eine Periode hin, in welcher die physikalischen Zustände der nördlichen Hemisphäre ganz andere waren als jetzt. Nicht nur muß das Klima allgemein

ein kälteres gewesen sein, sondern auch die Ausdehnung der Wasseroberfläche (des Meeres im Verhältniß zum Land) eine weit größere. Beides stimmt aber miteinander sowie mit den alten Gletscherspuren überein, denn das eine erklärt das andere und führt zu dem Resultat, daß in einer Periode der Erdentwickelung, welche dem Auftreten des Menschen nicht allzulange vorausging, die physikalischen Zustände der nördlichen Hemisphäre in gewisser Beziehung, namentlich was Klima und Verhältniß zwischen Wasser- und Landoberfläche anlangt, den gegenwärtigen der südlichen Hemisphäre ähnlich gewesen sind. Man hat diese Periode „die Eiszeit" genannt, aber wol mit Unrecht, insofern sich diese Bezeichnung auf die ganze Erde und nicht blos auf die nördliche Hemisphäre beziehen soll.

Geht man noch weiter zurück in der Geschichte der Erde, forscht man in den Zeiten, in welchen die Kreidebildungen oder ältere Schichten abgelagert wurden, nach Spuren von Eis- und Schneewirkungen, so findet man von dem Allen gar nichts. Weder erratische Blöcke noch Gletscherschlifflächen oder etwas der Art sind aus jenen Perioden bis jetzt bekannt geworden, vielmehr scheint aus der Natur und Vertheilung der organischen Ueberreste sehr deutlich hervorzugehen, daß die Erde damals überall wärmer war als jetzt.

Auch das erste Auftreten und Wirken von Eis und Schnee auf der Erde scheint somit ganz in Uebereinstimmung zu stehen mit den übrigen Thatsachen, welche für allmälige Abkühlung des Erdkörpers sprechen. Die Eisbildung begann auf der Erde erst in der vorletzten der großen Perioden, welche die Geologen zu unterscheiden pflegen.

Eis und Schnee gehören in den Polargegenden geradezu zu den constanten Bestandtheilen der festen Erdkruste, so gut als die aus Erdenverbindungen bestehenden Gesteine. Und sie finden sich nicht blos an der äußern Oberfläche, auch in gewissen Tiefen, in der Nähe der Oberfläche, kennt man das Eis als Gestein. Bei Jakuzk in Sibirien wurde in einem Brunnenschacht der Boden bis 382 Fuß tief gefroren und zum Theil ganz aus Eis bestehend gefunden, während er im Sommer jährlich bis 3 Fuß tief aufthaut und culturfähig wird. Diese unterirdischen Eisschichten können noch näher an den Polen offenbar noch mächtiger sein, aber sicherlich nie eine Tiefe von viel mehr als 1000 Fuß erreichen, weil das die innere Wärme der Erde nicht erlaubt, die erfahrungsmäßig von einer

gewissen Tiefe an mit je 100 Fuß mehr Tiefe ungefähr um 1 Grad zunimmt. Schon bei Jakuzk zeigen diese gefrorenen Bodenschichten ihre größten Kältengrade in der Nähe der Oberfläche (im Jahresmittel) 9 Grad, und von da abwärts eine stets zunehmende also wärmere Temperatur, bis dieselbe bei 382 ziemlich den Thaupunkt erreicht.

Das Wasser im starren Zustande, als Schnee und Eis, wirkt somit nicht nur verändernd auf die feste Erdoberstäche ein, indem es Thäler gleichsam ausfeilt, mächtige Felsblöcke und Schuttlagen durch Thäler hinab oder weit über den Ocean transportirt, sondern es tritt auch selbst als ziemlich constanter Bestandtheil der festen Erdkruste, als Gestein auf.

V.

Die Gesteine, woraus die feste Erdkruste besteht.

a. Neptunische Gesteinsbildungen.

Wachsen die Steine? — Gesteinsbildung durch Wasser. — Ablagerungen der Flüsse. — Schichtung. — Krystallinische Absätze aus Quellen. — Erbsensteinbildung. — Gesteinsbildung durch Pflanzen. — Gesteinsbildung durch Thiere. — Infusoriengesteine. — Korallenriffe und Inseln. — Merkwürdige Form und Entstehung der letzteren.

Wachsen die Steine? — das ist eine Frage, die nicht selten an Geologen gerichtet wird; allerdings wachsen (entstehen) Steine noch jetzt, aber freilich nicht in dem Sinne, in welchem die Frage gestellt zu werden pflegt. Die einzelnen Steine, welche auf den Feldern umherliegen, werden nicht größer, nehmen auch nicht durch Entstehung ganz neuer an Zahl zu, im Gegentheil, sie werden durch Verwitterung, äußere Abnutzung kleiner, und wenn sich ihre Zahl vermehrt, so kann es nur durch Zertrümmerung der unter der Bodenkrume vorhandenen Felsmassen, etwa beim Umpflügen geschehen.

Das Wachsen oder Bilden von Steinen erfolgt unter sehr verschiedenen Umständen durch sehr verschiedene geologische Processe, aber stets der Art, daß dadurch nicht einzelne lose Steine, sondern zusammenhängende Steinmassen — Gesteine, Felsmassen, Gesteinsschichten oder dergleichen gebildet werden, aus denen überhaupt die feste Erdkruste, bei einer gewissen Tiefe unter der Bodendecke, überall zusammengesetzt ist. Die wichtigsten dieser Gesteinsbildungen erfolgen entweder durch Vermittelung des Wassers oder durch Erstarrung aus einem heißflüssigen Zustande.

Wir wollen einige solche Gesteinsbildungen näher betrachten, und zwar zunächst solche, welche durch Vermittelung des Wassers bedingt sind und deshalb allgemein neptunische genannt werden, mögen es

nun specieller mechanische Ablagerungen, Niederschläge aus chemischen Solutionen oder Folgen des organischen Lebens sein.

Die Flüsse lagern, wie wir gesehen haben, da wo ihre Strömung unterbrochen wird, in Landseen oder vor ihren Mündungen in das Meer, Geschiebe-, Sand- oder Schlammschichten ab. Diese erhärten mehr und mehr durch zwischen die Geschiebe und Sandkörner eindringendes Bindemittel (Thon, Kalk oder Eisenoxyd), oder durch den Druck der immer wieder darüber abgelagerten neuen Schichten, bis sie endlich zu festen Conglomerat-, Sandstein- oder Schieferthonschichten werden. So entstehen vielerlei Gesteine auf ganz mechanische Weise. Höchstens ist ihr Bindemittel zuweilen ein chemischer Niederschlag. Diese Gesteine sind in der Regel deutlich (und ursprünglich horizontal) geschichtet, weil ihre Ablagerung meist etwas periodisch und darum deutlich in Schichten gesondert erfolgt, veranlaßt durch den Wechsel hohen und niedern Wasserstandes.

Durch denselben Umstand, die Periodicität, geschieht es auch, daß an ein und derselben Stelle Geschiebe-, Sand- und Schlamm- (oder Conglomerat-, Sandstein- und Schieferthon-) schichten miteinander abwechseln, weil das Wasser bei starker Strömung grobe, bei schwacher nur feine Theile herzuführt und ablagert. Denken wir uns ein Wasserbecken, in welches von zwei entgegengesetzten Seiten in ungleichen Momenten derselben Periode sehr ungleiche Theile eingeführt werden, so kann das Gesammtresultat der Ablagerungen dadurch ein sehr complicirtes werden.

Es mögen z. B. in dem ersten Zeitmoment von der Seite A (siehe Figur) nur wenig Geschiebe und nicht weit hinein, Sand weiter, und Schlamm noch weiter eingeführt werden. In dem zweiten Moment von der Seite B aus ebenso. In dem dritten wieder von A her und zwar diesmal mehr Geschiebe und viel weiter hinein, und in einem vierten ebenso von B her, so muß dadurch natürlich eine Verbindung der einzelnen Gesteinsarten ähnlich wie in vorstehender Figur hervorgebracht werden; die aber je nach Umständen außerordentlich modificirt sein kann. Findet man daher eine derartige Verbindung ungleicher mechanischer Ablagerungen, so kann man aus ihr einiger-

maßen auf die Natur und den Wechsel der einzelnen Bildungsperioden schließen.

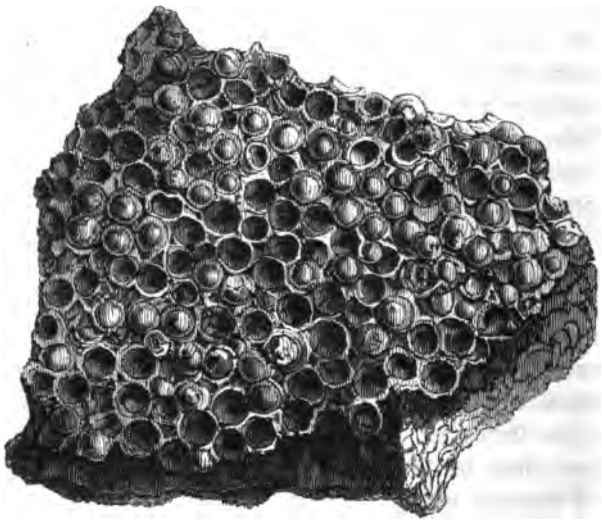
Eine zweite Art der Gesteinsbildung ist die durch chemische Ablagerung. Eine große Zahl von Quellen setzt in der Nähe ihrer Ausmündung kohlensaure Kalkerde ab, weil sie Kohlensäure verlieren, weil ein Theil des Wassers verdunstet, oder weil sie abkühlen. Andere setzen auf gleiche Weise Kieselerde oder Eisenoxyd ab. Auf diese Art entstehen Ablagerungen von Kalktuff (Travertin), Kalksinter, Kieseltuff, Kieselsinter oder Raseneisenstein. Diese chemischen Ablagerungen aus Wasser erfolgen in geringerer Menge auch noch aus Bächen, Flüssen und Sümpfen, und wechseln dann auch wol mit mechanischen Bildungen, oder dringen in die Zwischenräume derselben als Bindemittel ein.

In der Regel erfolgen auch diese chemischen Ablagerungen wie die mechanischen in ziemlich horizontalen Schichten, es finden jedoch bei ihnen in dieser Beziehung viele Ausnahmen statt, in welchen Quellenabsätze steile, oder sogar überhängende Wände bedecken. Die Krystallisationskraft ist hier die überwiegende, sie überwindet die Gravitation der Erde (die Schwere), welche bei den mechanischen Ablagerungen allein herrscht und deshalb bei ihnen stets ziemlich horizontale Schichtung bedingt.

Ein sehr auffallendes Beispiel davon, wie unabhängig die chemischen Ablagerungen von der Schwerkraft sind, liefern uns die Erbsensteinbildungen, die an einigen carlsbader Quellen in so ausgezeichnet schöner Weise erfolgen. Diese kalkreichen Quellen sind bei ihrem Hervortreten äußerst bewegt, sie führen kleine Granittheilchen, Quarz- oder Feldspathkörnchen mit sich und spielen gleichsam mit denselben; dabei aber lagern sich nach und nach um alle diese Körnchen dünne concentrische Schichten von Kalksinter ab. Sie ballen sich mehr und mehr zu kleinen Kugeln. Haben diese Kugeln eine bestimmte Größe erreicht, in welcher sie zu schwer sind, um noch fortwährend vom Stoß der Quelle emporgewirbelt zu werden, so fallen sie an ruhigeren Stellen zu Boden, bleiben übereinander liegen und sintern durch zwischen sie eindringende Kalkniederschläge zu sogenanntem Erbsenstein (s. folg. Fig.) zusammen. Sehr oft haben die einzelnen Kalksinterkügelchen ungefähr die Größe von Erbsen, sie kommen jedoch auch größer und kleiner vor, je nach der örtlichen

Ein durchschnittenes Erbsensteinkorn.

Stoßkraft der Quelle. Durchschlägt oder durchschneidet man eine dieser kleinen Kugeln, so sieht man deutlich ihre Zusammensetzung aus lauter einzelnen dünnen concentrischen Lagen, rings um ein kleines Sandkorn oder Granittheilchen herum, welches das Centrum bildet.



Erbsenstein von Carlsbad.

In den Flötzformationen kennt man sehr ausgedehnte Schichten unter dem Namen Rogensteine, welche eine recht ähnliche Zusammensetzung aus einzelnen sphäroidischen kalkigen Körnern zeigen, und L. v. Buch hat an den Küsten der Canarischen Inseln beobachtet, daß auch das stets bewegte Meer eine Art Erbsen- oder Rogensteine (Oolith) zu bilden vermag, indem es kleine Fragmente von Muschelschalen oder Lavasandkörnern mit concentrischen Schichten von kohlensaurem Kalk überzieht.

Eine dritte Bildungsweise von Gesteinen ist die durch Anhäufung und Umwandlung von vegetabilischen Substanzen. In den Torflagern können wir diesen Vorgang sehr deutlich verfolgen. Immer neue Pflanzenindividuen, meist Moosarten, wachsen aus den alten hervor, gleichsam auf ihren Leichen. Die ganze Masse wird dadurch stets dicker, die unteren Pflanzentheile gehen aber durch den Druck der oberen, durch Abschluß von der Luft und durch einen innern Um-

wandlungsproceß allmälig in eine dunkle, dichte, brennbare, der Braunkohle etwas ähnliche Masse über.

Andere mächtige Anhäufungen von Pflanzentheilen erfolgen durch Zusammenschwemmen im Wasser, sowol im Meere als in Landseen. Die Flüsse schwemmen Baumstämme und Laub ein, die an irgend einer ruhigen Stelle zur Ablagerung gelangen, und da diese Pflanzentheile unter sich ziemlich gleiche Verhältnisse der Größe und Schwere besitzen, so werden sie auch alle in denselben Regionen der großen Wasserbecken abgelagert, wo eben die Stoßkraft des Wassers nicht mehr hinreicht, sie weiter zu führen.

Endlich wachsen auch im Meere selbst gewisse Pflanzen, die Seetange (Fucusarten), zuweilen in ungeheurer Quantität neben und über einander, ja es ist bekannt, daß das dichte Gewebe der Fucoideen an einigen Stellen des Atlantischen Oceans der Schifffahrt hinderlich wird. Die Körper dieser Meerespflanzen verfallen aber ebenfalls der Ablagerung auf den Boden des Meeres und müssen wie jene Einschwemmungen nach und nach mächtige Anhäufungen von Pflanzentheilen veranlassen.

Durch solche Pflanzenanhäufungen auf die eine oder die andere Art sind ohne Zweifel alle Arten von Kohlenlagern entstanden, welche sich zwischen den Gesteinen der festen Erdrinde vorfinden, und welche sich in ungleichen Zuständen der Umwandlung befinden. Am wenigsten umgewandelt sind die Braunkohlen, mehr schon die Steinkohlen und noch mehr die Anthracite, ja die Umwandlungsreihe läßt sich als wahrscheinlich bis in den Graphit und Diamant verfolgen. Die wesentlichsten Bestandtheile der Pflanzen sind Kohlenstoff und Wasserstoff. In dem Verlaufe der Umwandlung gehen diese Stoffe nach und nach andere Verbindungen miteinander ein, und der Wasserstoff, als leichter sich verflüchtigend, entweicht mit etwas Kohlenstoff als Bitumen mehr und mehr aus der Verbindung, bis endlich beinahe reiner Kohlenstoff zurückbleibt. Dabei finden wir die einzelnen Umwandlungsstufen stets unter solchen Lagerungsverhältnissen, welche dem Grade ihrer Umwandlung entsprechen. Der Grad der Umwandlung ist nämlich theils eine Folge der Zeit und des Druckes darauf lastender Massen, welche letztere besonders mechanisch verdichtend wirken, theils aber eine Folge der Einwirkung erhöhter Temperatur, welche sublimirend auf das Bitumen wirkt. Durch die mehrfache Combination dieser Ursachen werden nun auch die Resultate

etwas complicirter. Im Allgemeinen sind die fossilen Kohlen um so stärker umgewandelt, um so dichter, schwärzer und an Bitumen (d. h. an Wasserstoff) ärmer, je älter sie sind. Die jüngsten der fossilen Kohlen sind im Allgemeinen die Braunkohlen, dann folgen dem Alter nach Steinkohlen, Anthracit und Graphit. Wo aber vulkanische und plutonische Gesteine durch die Kohlenlager emporgedrungen sind, da sind örtlich auch die Braunkohlen oder die Steinkohlen ihres Bitumens beraubt, in Schwarzkohlen oder in Anthracit umgewandelt. Auch das zeitweilige besonders tiefe Hinabsinken einzelner Kohlenlager in die hohe Temperatur des Erdinnern scheint den Umwandlungsproceß der Kohlen sehr befördert zu haben, und so finden wir z. B. die später wieder gehobenen Kohlenlager der Alleghanikette größtentheils in Anthracit umgewandelt, obwol sie nach den damit vorkommenden Pflanzenresten ganz von demselben Alter sind wie unsere europäischen bitumenhaltigen Steinkohlen. Die tertiären Kohlen am Nordrand der Alpen sind wol aus demselben Grunde meist nicht Braun-, sondern Schwarzkohlen. Man sieht, daß auch bei diesem Proceß ein höherer Wärmegrad in kürzerer Zeit ganz dasselbe Resultat hervorzubringen vermag, als ein geringerer Wärmegrad in einer längern Periode. Die Energie der Einwirkung ersetzt die Dauer derselben.

Nicht nur die Pflanzen, auch die Thiere bilden Gesteine, selten jedoch durch die Anhäufung ihrer fleischigen Körper, gewöhnlich nur durch die der festen, meist kalkigen, zuweilen kieseligen Gehäuse, mit denen sie sich umgeben. Erst der neuesten Zeit gehört die Entdeckung an, daß manche Gesteine ganz aus den mikroskopisch kleinen organischen Resten bestehen.

Es war im Jahre 1836, als Ehrenberg, durch den Porzellanfabrikbesitzer Herrn Fischer darauf aufmerksam gemacht, zuerst fossile Infusorientheile und zwar sogenannte aus Kieselerde bestehende Panzer derselben in der Kieselguhr erkannte, welche in den großen Torflagern bei Franzensbad in Böhmen oft mächtige weiße erdige Schichten bildet. Durch diesen Fund achtsam gemacht, hat er seitdem die Ueberreste des kleinsten Lebens als Hauptbestandtheil einer großen Zahl von Gesteinen nachgewiesen, und zwar besonders solcher, welche man wie Kieselguhr, Trippel, Polirschiefer, Kreide u. dergl. im pulverisirten Zustande zum Putzen oder Poliren von Metallen anzuwenden pflegt. Daß dergleichen aus dem freien Auge unsichtbaren festen kieseligen oder kalkigen Theilchen bestehende Gesteine vorzugsweise zu diesem technischen Zwecke

anwendbar sind, ist ganz natürlich, da diese Theilchen zwar lauter Kritze verursachen, die aber so fein sind, daß man sie mit unbewaffnetem Auge nicht sehen kann. Die höchst fein gekritzte Oberfläche erscheint deshalb blank und eben.

In Ehrenberg's Mikrogeologie liegt uns jetzt das Resultat fast zwanzigjähriger unermüdlicher Beobachtungen und Forschungen vor, von denen hier einige der interessantesten mitgetheilt werden mögen. Wer die 41 großen Tafeln dieses Prachtwerkes durchsieht, wird staunend überwältigt von der Vielzahl und Mannigfaltigkeit wunderbarer Formen, von dem unendlichen Leben und seinen uralten Spuren, welche überall aufgefunden werden, in und über der festen Erdkruste, wohin nur das scharf bewaffnete Auge des Forschers zu dringen vermag.

Alles scheint sich zu beleben, nichts Todtes, oder im Ursprung ganz Anorganisches übrig zu bleiben. Der von solcher Lebensfülle aller Zeiten Ueberraschte kann leicht zu der irrigen Ansicht geführt werden, die schon Gleichen, einer der ersten mikroskopischen Forscher, gegen Ende des vorigen Jahrhunderts aufstellte: die ganze Erde sei aus Infusorien entstanden. Fast unheimlich und gespenstisch berührt diese nun aufgeschlossene, wenn auch zum Theil längst begrabene Lebenswelt, die Alles zu durchdringen scheint, das Eis der Pole und Gletscher, den Schlamm des Meeres, den Firn und die lockere Erde der höchsten Berggipfel, den Staub der erdumstürmenden Orkane, und den, welcher im ruhigen Sonnenstrahl zittert, den fruchtbaren Boden der Niederung, das Wasser der Flüsse und des Meeres, die starren Felsschichten der Erde und selbst die glühend ausgeworfenen Producte der Vulkane. Kaum bleibt uns ein klarer Quell, aus dem wir schöpfen mögen, um unsern Durst zu löschen, in der Besorgniß, Tausende unheimlicher Wesen mit zu verschlucken. Aber der Mensch hat seit Jahrtausenden die Erde bewohnt, ohne sich um diese kleinste lebende Schöpfung, diese unsichtbare Gnomen alles irdischen Stoffes zu bekümmern, ohne von ihnen wesentlich gestört oder belästigt zu werden. Warum sollten wir also jetzt vor Dem erschrecken, was so lange schon, nur unerkannt, neben uns bestanden hat.

Wir sehen aus Ehrenberg's Untersuchungen, daß diese fast unsichtbaren Organismen schon seit den urältesten Erdperioden, seitdem es Wasser gab, bestanden, und daß ihre immense Fruchtbarkeit nicht wenig zu der gegenwärtigen Gestaltung der Erdoberfläche beigetragen hat. Ganze Berge, die Bodenschichten ganzer Länder bestehen vor-

herrschend aus den Ueberresten der Leichen oder Skelete kleiner einst lebender Wesen, deren Billionen in den Raum eines Kubikzolles gehen, die aber unter günstigen Umständen mit solcher Schnelligkeit sich vermehren, daß aus einem Individuum in jeder Stunde zwei werden, in der zweiten Stunde vier, in der dritten acht, u. s. w. Könnte es so fortgehen, d. h. müßte nicht sehr bald die Nahrung mangeln, so würden nach Ehrenberg's Berechnungen die Nachkommen eines an sich dem freien Auge unsichtbaren Wesens binnen acht Tagen den Raum unseres Erdkörpers einnehmen, und eine Stunde später natürlich den Raum von zwei Erdkörpern. Daß aber diese außerordentliche Vermehrungsfähigkeit durch äußere Umstände stets beschränkt wird, versteht sich von selbst. Immerhin aber ist sie von großer geologischer Bedeutung und erklärt die Massenhaftigkeit des Auftretens der Ueberreste von dergleichen Organismen, wie denn überhaupt die geologische Wirkung der Thier- und Pflanzenformen eine um so größere zu sein scheint, je kleiner die einzelnen Individuen sind. Ein Kubikzoll staubartig zusammengesetzter Steinmasse des Kutschliner Polirschiefers z. B. besteht nach annähernder Zählung und Berechnung aus mehr als tausend Millionen Einzelwesen, und in ungemessenen Zeiträumen sind durch die beschränkte Fortpflanzung anderer kleiner Thierspecies mehre hundert Fuß mächtige, weit verbreitete Gesteinsablagerungen wie die der Kreide entstanden. Von der Monas prodigiosa gehen sogar mehr als 884 Billionen Einzelwesen in den Raum eines Kubikzolles, und binnen sechs Stunden war die Vermehrung der geringsten Spur davon erfahrungsmäßig so groß, daß sie einen Kubikzoll einnahm.

Doch es sei gestattet, nach diesen allgemeinen Bemerkungen aus Ehrenberg's Prachtwerk einige Stellen hervorzuheben und theilweise durch Copien seiner Abbildungen zu erläutern. Der Verf. sagt in der Vorrede: „Diese Mittheilungen sollen nur in strenger Aneinanderreihung einfacher Thatsachen einen weitern Blick in das große Wirken des organischen Stilllebens eröffnen helfen, welches dem gewöhnlichen Auge des Menschen für jede sinnliche Auffassung ganz verborgen, aber der durch das Mikroskop mäßig verstärkten Sehkraft schon ganz deutlich ist."

Es scheidet sich alles unsichtbare kleine Leben wie das große in zwei mannigfach scharf getrennte Reihen, die auch für die Geologie sehr wichtig sind: einerseits in Formen des süßen Wassers und des

Festlandes, über dem Meere, und andererseits in Formen des Meerwassers und deren Producte. Zuweilen deutet die Mischung beider Formen auf halbsüße, sogenannte brakische Verhältnisse, nicht selten auf jetzige oder längst verwischte, urweltliche Mündungen von Flüssen ins Meer. Diese Erkenntniß greift ordnend in die geologischen Fragen ein und entscheidet nicht selten wesentlich.

Ein anderes Resultat ist die festgestellte Erkenntniß, daß bei den jetzigen Sehmitteln die Erde überall in der Atmosphäre und an ihrer Oberfläche über und unter dem Meere, von den Alpenspitzen bis zu ihren tiefsten Gebirgsmassen, nur immer dieselben wiederkehrenden, häufig höchst massenhaften sechs Klassen von mikroskopischen Formen zeigt, welche nach und nach erkannt worden sind. Die Gesammtmasse der mikroskopischen Formen, oder Alles, was das Mikroskop bei 300maliger, ja bis 1000maliger Vergrößerung bis jetzt deutlich zeigt, theilt nämlich Ehrenberg rücksichtlich der erd- und steinbildenden Formen in

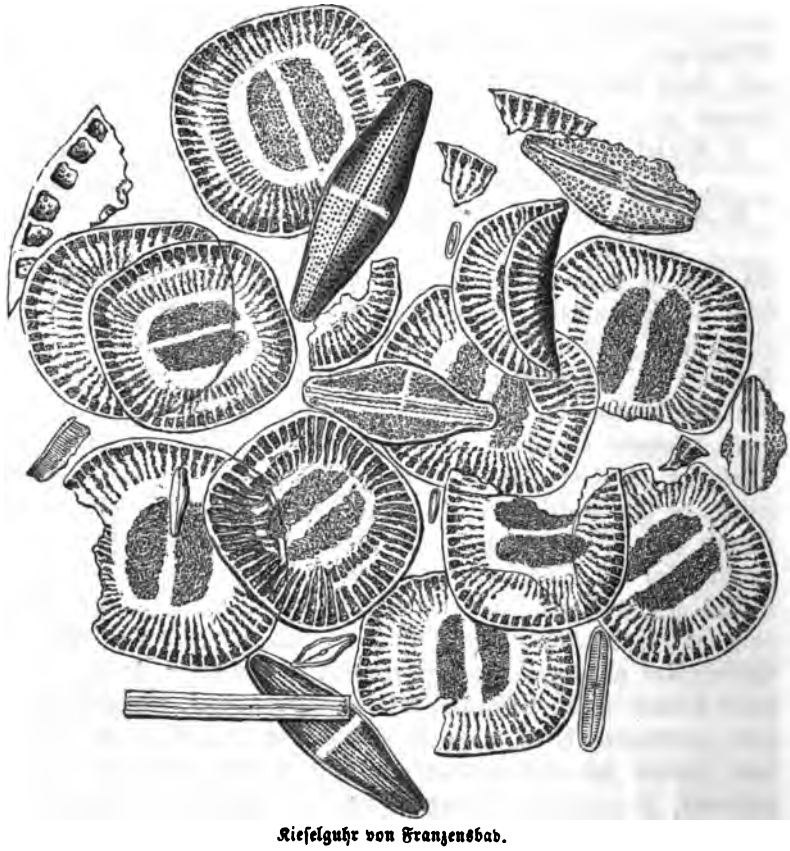
A. Kieseltheile. I. Klasse: Polygastern; II. Klasse: Polycystinen; III. Klasse: Phytolitharien; IV. Klasse: Geolithien.

B. Kalktheile. V. Klasse: Polythalamien; VI. Klasse: Zoolitharien.

Es gibt in dieser Beziehung nur Kiesel- und Kalkorganismen, keine Thonorganismen, keine reinen Eisenorganismen u. s. w. Von diesen sechs Klassen gehören drei dem selbständigen Leben an, drei sind die oft massenhaften Bruchstücke des Skelets oder der Schalen von unbekannten oder auch bekannten Formen derselben und von anderen bekannten Organismen. Möglicherweise können besonders die Geolithien allmälig noch zu einer besondern Organismenklasse hinleiten, da ihre Kieselformen oft sehr abweichend sind. Die Phytolitharien sind Kieseltheile von Landpflanzen oder Seeschwämmen; die Zoolitharien sind Theile vorherrschend von Muscheln oder Schalthieren. Beides gibt geologisch interessante Charaktere für Gebirgsmassen, die ohne specielle Beachtung dieser Formen verloren gehen. Polythalamien, Polycystinen und Geolithien sind reine Meeresbildungen, keine einzige dieser Formen ist aus Süßwasser bekannt. Polygastern, Phytolitharien und Zoolitharien kommen im Süßwasser und im Meere vor; aber viele Formen sind bald für das eine, bald für das andere scharf bezeichnend, sie enthalten rein marine und reine Süßwasser-Genera und Arten neben anderen, die beiden Lebenselementen angehören.

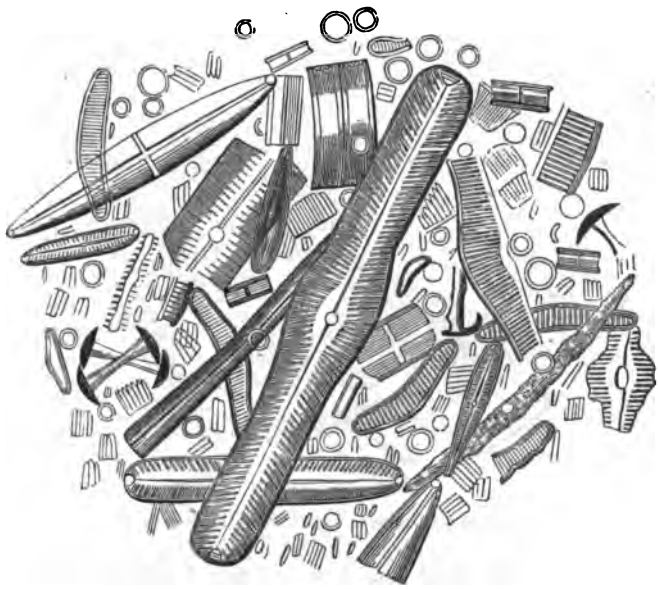
Während bei allen größeren Organismen, die ſich im foſſilen Zuſtande finden, als ſehr allgemeines Geſetz erkannt worden iſt, daß ihre Formen von den jetzt lebenden analogen um ſo mehr abweichen, in je älteren Ablagerungen ſie vorkommen, und daß in älteren als tertiären Bildungen überhaupt keine Art mehr mit einer jetzt noch lebenden übereinſtimmt, ſo glaubt Ehrenberg dagegen gefunden zu haben, daß die mikroſkopiſchen Organismen ſich durch alle geologiſche Zeiträume viel mehr gleichgeblieben ſind, und daß ſelbſt in den älteſten Formationen manche jetzt noch exiſtirende Arten vorkommen.

Gehen wir nun über zu einzelnen Beiſpielen der Geſteinsbildung durch mikroſkopiſche Organismen und überhaupt des geologiſch intereſſanten Vorkommens der letzteren.



Kieſelguhr von Franzensbad.

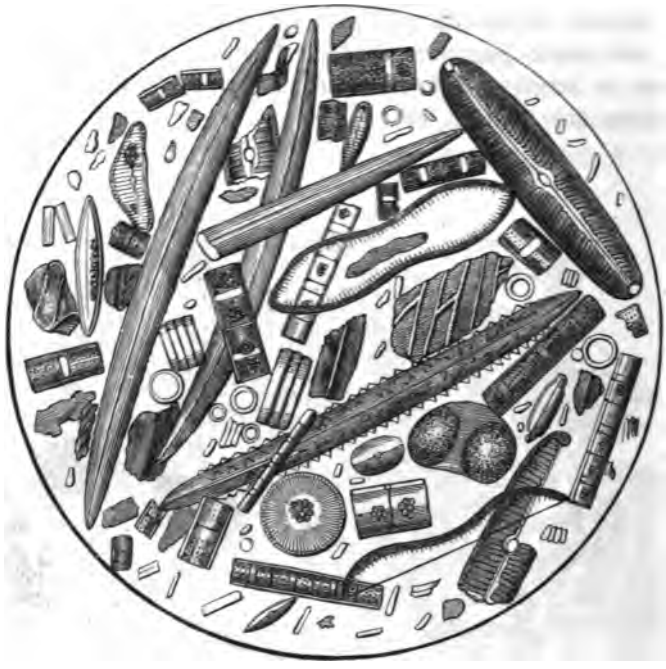
Die hier bei 300facher Vergrößerung des Durchmessers (also 90,000facher der Fläche) dargestellte Kieselguhr von Franzensbad bei Eger war es, wie schon berichtet, welche überhaupt die erste Veranlassung zu Auffindung fossiler Formen gab. Sie bildet Knollen und ganze mehre Fuß mächtige Schichten im Torf, besonders in der Nähe des Dorfes Soos. Die in der Abbildung vorherrschende Form ist das Kieselgerüst (Kieselpanzer) von Campylodiscus Clypeus; als zweite Hauptform erscheint Pinularia viridis. Außerdem kommen in derselben Infusorienerde häufig noch Arten der Genera Gallionella und Navicula vor.



Kieselguhr von Strafford in Virginien.

Ein ähnliches Material wie die Kieselguhr von Franzensbad findet sich an vielen Orten der Erdoberfläche; die hier gegebene Figur stellt nur noch ein Beispiel aus Virginien in Nordamerika dar. Es sind wieder Kieselschalen (oder Panzer). Die größte derselben, welche quer durch das ganze Gesichtsfeld reicht, gehört einer Pinnularia nobilis an; neben derselben erscheinen mehre andere Pinnularia-Reste, sowie verwandte Formen aus dem Geschlecht Navicula. Die beiden einfach

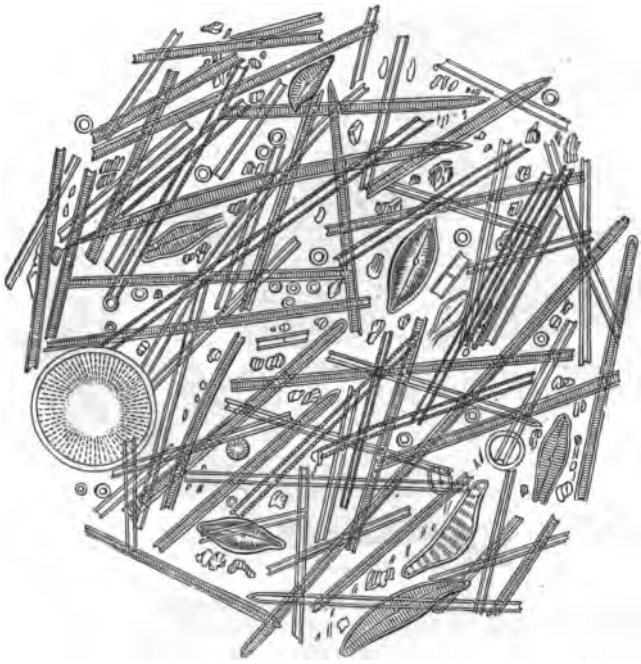
gestreiften Schalen, deren eine über dem kleinen Schild mit dem Kreuz liegt, gehören zu Himantidium, die eigenthümlichen spulenförmigen oder doppelten Pilzen ähnlichen Körper dagegen zum Genus Amphidiscus. Ueberhaupt fand Ehrenberg in dieser Süßwasserbildung 27 verschiedene Polygastern und 12 Phytolitharien.



Probe von dem lebenden Infusorienlager unter Berlin.

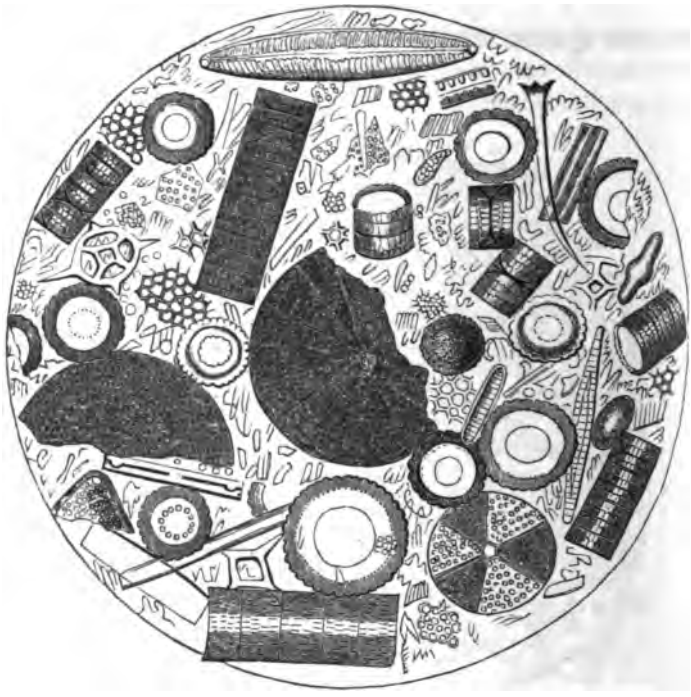
Hier ist nun eine Probe von dem aus zum Theil noch lebenden Infusorien bestehenden Lager, auf welchem ein Theil von Berlin erbaut ist. Nur die obere Region dieser viele Fuß mächtigen Bodenschicht enthält noch lebende Individuen, der untere Theil besteht aus todten Resten. Ehrenberg fand darin 90 Arten Polygastern, 41 Phytolitharien und kleine Theilchen von Fichtenblüthenstaub. Die in der Figur vorherrschenden Formen gehören den Geschlechtern Pinnularia, Cocconema, Gallionella (als runde Scheiben oder gegliederte Stäbe) und Spongiolithis an; zu letzterm gehört der vielzackige Körper. Dieses Infusorienlager gewährt natürlich keinen recht festen Baugrund, und

wirklich scheinen infolge davon einige nicht mit gehöriger Vorsicht erbaute neue Häuser Berlins eingestürzt zu sein.



Eßbares Bergmehl von dem Infusorienlager unweit Ebsdorf in der Lüneburger Haide.

Im Jahre 1836, kurz nach Erkennung der Franzensbader Kieselguhr als eine Infusorienerde, erkannte man auch schon bei Ebsdorf in der Lüneburger Haide ein ähnliches Lager von 30 Fuß Dicke, aus welchem Ehrenberg 30 verschiedene Thierformen bestimmt hat. Die häufigste derselben ist die in der vorstehenden Abbildung ganz vorherrschende Synedra acuta, die wie eine oben und unten geschlossene Leiter aussieht. Außerdem zeigen sich in dem Bilde z. B. Gallionella varians (als große Scheibe) und Pinnularia inaequalis als kleiner ovaler gestreifter Körper. Die Zusammensetzung dieser kieselschaligen Erde ist übrigens eine analoge wie die vielen eßbaren sogenannten Bergmehlarten.



Trippelfelſen von Richmond in Virginien.

Ein dem Trippel ähnliches Geſtein (Trippelfels) von Richmond in Virginien, von dem eine Probe hier dargeſtellt iſt, enthält über hundert verſchiedene Formen, größtentheils von marinen Polygaſtern herrührend. Beſonders kenntlich ſind auf der Abbildung:

Gallionella, cylindriſche aus Gliedern beſtehende Stäbe.

Pinnularia peregrina, der obere ovale Körper.

Actiocyclus denarius, der in Sextanten getheilte Kreis am untern Rande.

Dictyochia Crux, der vierzackige radähnliche Körper auf der linken Seite.

Spongiolithis, einer Gewürznelke ähnlich, rechts oben.

Mergelfels aus Aegina.

In einem Mergelfels oder plaſtiſchen Thon bei Aegina in Griechenland kommen unter 97 marinen Formen unter andern die hier dargeſtellten vor. Recht kenntlich ſind:

Actinoptychus senarius, ein ſechstheiliger Kreis in der obern Hälfte; gleich daneben zum Theil bedeckt

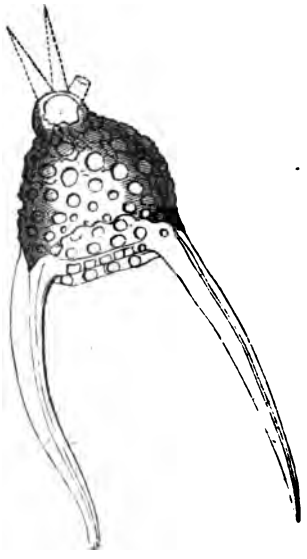
Rotalia, eine aus ſieben ungleich großen runden Kammern beſtehende Schale.

Amphitretas parallela, die vierſeitige Scheibe mit kleinen Ringen am rechten Rande.

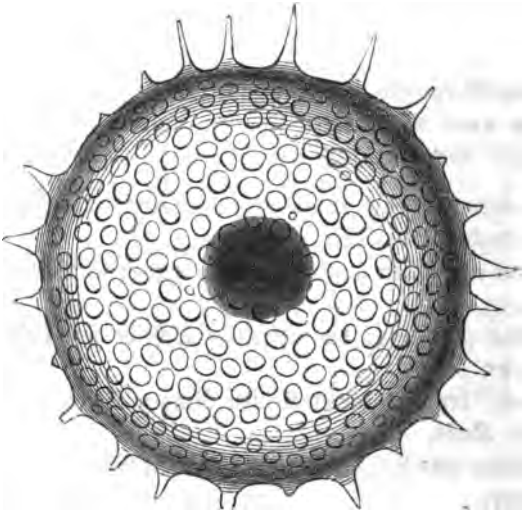
Conodiscus, der aus lauter kleinen Ringen beſtehende, am Rande gefranſte Kreis. Von

Lithornithium und Haliomna rühren die mit Ringen bedeckten Fragmente her;

ein paar vollſtändige Exemplare aus dieſen Geſchlechtern zeigen dagegen die beiden nachſtehenden Abbildungen:



Lithornithium Hirundo.

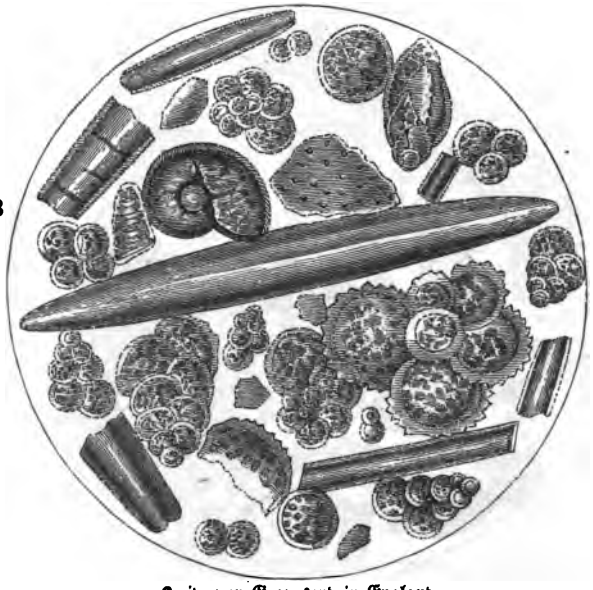


Haliomna Sol.

A

Weißer Kalkfels des Antilibanon.

B



Kreide von Gravesend in England.

Ein der Kreideformation angehöriger weißer Kalkſtein vom Antilibanon zeigte die vorſtehend unter A abgebildeten Formen. Es ſind Polythalamien, welche wie die Nummuliten aus gekammerten Schalen beſtehen. Die größte dieſer Schalen iſt Grammostomum spetiosum, die übrigen ſind meiſt Planulinen und Textillarien; im Ganzen hat man 43 Arten darin beobachtet.

Die echte weiße Kreide von Gravesend in England (ſ. vorſtehende Abbildung B) zeigt dagegen 60 mikroſkopiſche Formen, darunter 51 Polythalamien. Textillaria und Rotalia herrſchen vor, aber auch Planulinen, Bigenerien und ſtabförmige Coniorhaphis- und Coniostylis-Arten zeigen ſich.

In den Feuerſteinen dieſer Kreide findet man ſehr häufig die ſonderbare Form des Xanthidium furcatum.

Xanthidium furcatum.

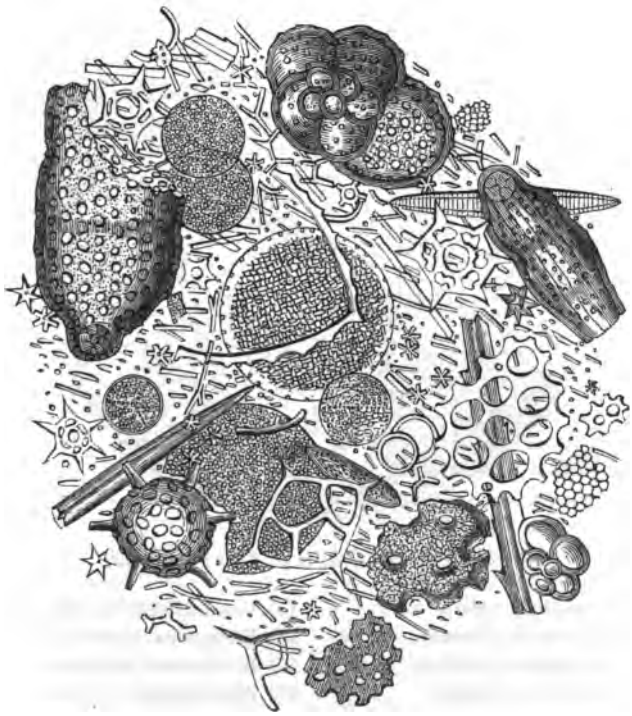
Ein weißes Mergelgeſtein von der Inſel Barbados (Antillen) zeigte bei nur hundertfacher Vergrößerung folgende Formen:

Weißes Mergelgeſtein von der Inſel Barbados.

Durch Nummern ſind z. B. bezeichnet:

6) Lychnocanium Lucerna,
7) Lychnocanium falciferum,
17) Encyrtidium elegans,
19) Encyrtidium Mongolfieri,
20) Protocyrtis Mitra,
25) Dictyospyris triloba,
29) Flustrella concentrica,
30) Lithocyclia Ocellus,
47) Dictyocha Fibula,
48) Dictyolampra Stella u. ſ. w.

Ein ganz ähnlich zuſammengeſetztes Mergelgeſtein findet ſich auf den Nikobaren (Aſien), und beide erinnern ſehr an den Kreidemergel von Caltaniſetta auf Sicilien, von dem die nachfolgende Abbildung eine Probe liefert.



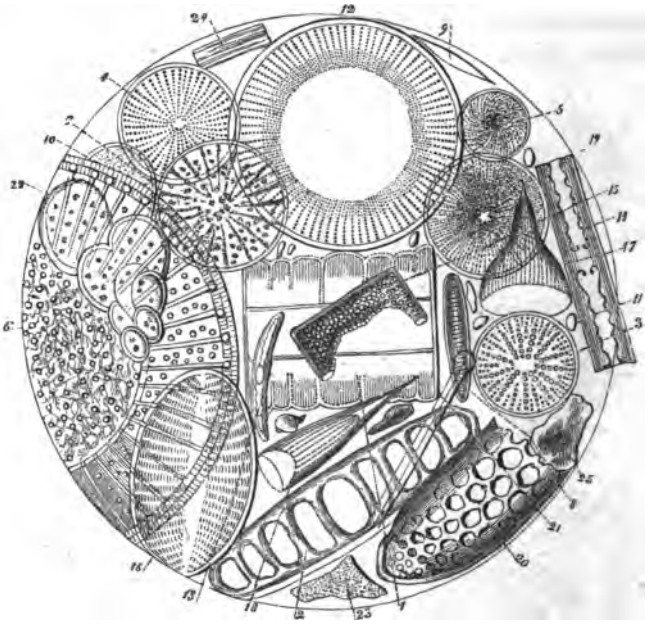
Mergelfels von Caltaniſetta auf Sicilien.

Ehrenberg fand in demſelben überhaupt 80 marine Formen, zum Beiſpiel:

Coscinodiscus, die Kreiſe, welche aus kleinen Ringen beſtehen.
Spongiolithis, einem Hirſchgeweih ähnlich, in der Mitte.

Lithocampe Radicula, die beiden puppenförmigen Körper am Rande.
Dictyochia, vier- oder auch ſechsſtrahlige Räder.
Planulina, die große gekammerte Schale.

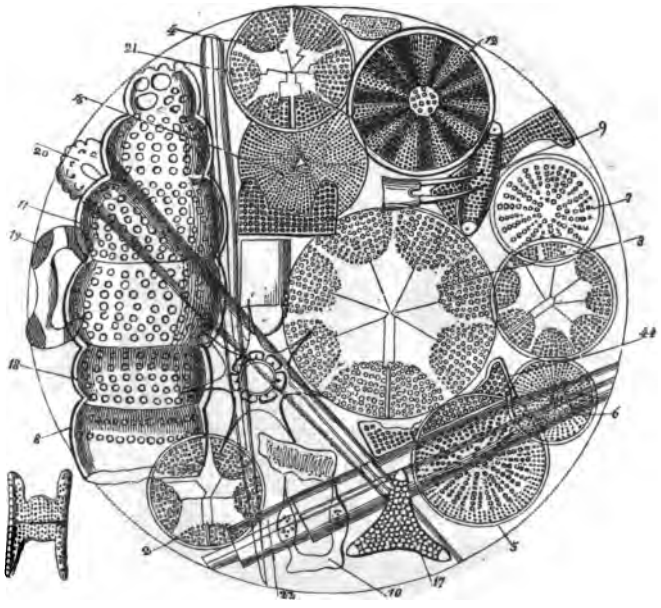
Es iſt intereſſant, mit dieſen marinen Geſteinsablagerungen ſogleich eine Probe von den gegenwärtigen Schlammablagerungen auf dem Meeresgrunde zu vergleichen. Aus 1620 Fuß Tiefe in der Nähe des Südpols erhielt Ehrenberg unter anderen folgende Formen:



Probe des Meeresgrundes in der Nähe des Südpols.

1) u. 2) Anaulus scalaris,
3) Coscinodiscus gemmifer,
4) Coscinodiscus Apollinis,
5) Coscinodiscus subtilis,
6) u. 7) Discoplea Rola u. Rotula,
8) Fragilaria pinnulata,
9) Fragilaria Amphiceras,
10) Fragilaria biceps,
11) Fragilaria turgens,
12) Gallionella Sol,
13) Grammatophora curvata,
14) Grammatophora serpentina,
15) Hemiaulus antarcticus,
16) Rhaphoneis fasciolata,
17) Rhizosolemia Calyptra,
18) Rhizosolemia Ornithoglossa,
19) Symbolophora Pentas,
20) Eucyritidium,
21) Spongiolithis cenocephala,
22) Guttulina divergens,
23) Glimmerblättchen.

Das Eis derselben Südpolargegenden umschließt ähnliche lebende Formen.



Eis der Südpolargegenden.

1) Asteromphalus Cuvieri,
2) Asteromphalus Hookeri,
3) Asteromphalus Humboldtii,
4) Asteromphalus Rosii,
5) Coscinodiscus actinochilus,
6) Coscinodiscus cingulatus,
7) Coscinodiscus Lunae,
8) Dictyocha septenaria,
9) Dicladia antenata,
10) Dicladia bulbosa,
11) Gallionella pileata,
12) Halionyx undenarius,
13—15) Hemiantus antarcticus,
16) Symbolophora Micretrias,
17) Triceratium Pileosus,
18) Eurysthidium australe,
19) Amphidiscus brachiatus,
20) Spongiolithis Clavus,
21) Spongiolithis Heteroconus,
22) Spongiolithis vaginatus.

Diese Organismen scheinen in den dünneren schwimmenden Eisschollen, dem „Pancake ice" (Pfannenkucheneis), der Polargegenden zuweilen so häufig zu sein, daß sie ihm eine bräunliche Färbung geben, doch herrschen am Nordpol andere Arten als am Südpol.

Von dem organischen Leben im Eis der Polargegenden, welches natürlich nur marine Formen zeigt, unterscheidet sich wieder sehr wesentlich das in den Schneeregionen der hohen Gebirge.

Das kleinſte Leben in den Hochalpen.

Die hier dargeſtellte Gruppe ſtammt vom Monteroſa **11,140** Fuß über dem Meere; im Auguſt **1851** eingeſammelt, haben dieſe Formen, in trockner Erde aufbewahrt, im Mai **1853** durch Befeuchtung zum Theil wieder Leben gewonnen; es ſind meiſt nur weiche Thierkörper aus den Geſchlechtern Milnesium, Anguilluda, Macrobiotus, Echiniscus und Callidina nur **100**fach vergrößert. Viele dieſer zum Theil im Firnſchnee lebenden Thierchen erſcheinen oft roth gefärbt, weil ſie eine rothe Schneealge Protococus freſſen, und ſo tragen ſie bei zur Färbung des rothen Firnſchnees, der wol zu unterſcheiden iſt von dem friſch gefallenen rothen Schnee.

Ganz im Gegenſatz zu dieſen eiſigen Fundſtätten hat Ehrenberg auch in den Aſchenauswürfen der Vulkane organiſche Formen beobachtet. Die hier folgenden fielen mit der vulkaniſchen Aſche eines Hekla-ausbruches am 2. September **1845** nieder; doch iſt Bunſen der Meinung, die organiſchen Formen ſeien nur durch Sturmwinde beigemengt.

Vulkaniſche Aſche vom Ausbruch des Hekla.

Der obere Halbkreis zeigt Obſidianſplitter und kleine Kryſtalle einſchließende vulkaniſche Glasſplitter, kurzzellige Bimsſteintheilchen, ſowie einzelne Polygaſtern und Polythalarien. Im untern Halbkreis ſind einzelne Formen dargeſtellt, die nicht beiſammen liegend, ſondern nur überhaupt in dieſer Aſche beobachtet wurden:

1) Navicula affinis,
2) Samen von Navicula,
3) Navicula constricta,
4) Achnauthes,
5) Pinnularia borealis,
6) Pinnularia stiliformis,
7) Pinnularia pachyptera,
8) Pinnularia chilensis,
9) Pinnularia viridis,
10) Samen von Amphora,
11) Eunotia granulata,
12) Eunotia amphioxys,
13) Eunotia gibberula,
14) Eunotia Zebra,
15) Eunotia Gibba,
16) Eunotia Monodon,
17) Samen von Stauroneis,
18) Cocconeis borealis,
19) Gomphorema clavatum,
20) Gomphorema Augur,
21) u. 22) Tabellaria trinodis,
23) Fragillaria pinnata,
24) Gallionella distans,
25) Pinnularia mesogongylia,
26) Synedra lunaris,
27) Lithostylidium denticulatum,
28) u. 29) Glasſplitter zum Theil mit Kryſtallen.

Daß wirklich dergleichen kleine Formen durch Winde oft sehr weit fortgetragen werden, hat Ehrenberg selbst durch Untersuchung des Passatstaubes, Blutregens und frisch gefallenen rothen Schnees erwiesen. Durch den obern Passatwind werden staubartige Theilchen mit vielen sehr kleinen organischen Resten aus Südamerika über den Atlantischen Ocean herübergetragen; hier fällt dieser Staub an den Küsten Afrikas als sogenanntes Dunkelmeer nieder, oder er wird theilweise durch Südwinde (Sirokko) nach Europa herübergeführt, um erst hier als meist röthlicher Staub oft mit Regen oder Schnee zugleich niederzufallen.

Probe von Passatstaub aus Lyon.

In diesem Passatstaube wurden überhaupt 150 verschiedene organische Formen erkannt, die großentheils entschieden südamerikanischer Abstammung sind. Unsere Abbildung zeigt namentlich folgende:

1) Bei Genua gefallen:
a) Eunotia amphioxys,
b) Gallionella distans,
c) Gallionella granulata,
d) Spongiolithis acicularis.
Wenig Sand, viel Kiesel- u. Thonmulm.

2) Bei Lyon gefallen:
a) Eunotia longirostris,
b) Eunotia amphioxys,
c) Gallionella procera.
Viel Quarz und Thonmulm.

Der Guano Perus und Afrikas, den man ebenfalls als eine durch organiſches Leben bedingte Geſteinsbildung betrachten muß, da er ganz vorherrſchend aus der maſſenhaften Anhäufung von Seevögel-Excrementen beſteht, enthält gleichfalls mikroſkopiſche Thierformen.

Die nebenſtehende Figur, welche ſolche Formen aus dem Guano von Arica darſtellt, zeigt uns:

Guano.

1) Actinoptychus biternatus,
2) Aulacodiscus Crux,
3) Coscinodiscus lineatus,
4) Dictyocha abnormis,
5) Grammatophora oceanica,
6) Lithodontium nasutum,
7) Lithostylidium Clepsammidium,
8) Lithostylidium rude,
9) Grüne Kryſtallfragmente,
10) Quarzſand.

Die folgende Figur endlich zeigt eine Probe der ſogenannten Erdſahne, einer Erde, welche von den Tunguſen bei Ochotsk gegeſſen wird. Sie enthält an mikroſkopiſchen Organismen:

1) Gallionella crenata,
2) Navicula amphioxys,
3) Navicula dirhynchus,
4) Lithodontium nasutum,
5) Lithodontium sagitta,
6) Lithostylidium spinulosum,

ſowie Letten und Quarzſand.

Probe der Erdſahne.

Auch die meisten anderen von gewissen Völkerstämmen, zum Theil sogar mit krankhafter Vorliebe gegessenen Erd- oder Thonarten sind reich an Infusorienresten, sodaß es scheint, es seien diese eine Bedingung für die Genießbarkeit.

Schließlich muß ich hier noch bemerken, daß ein Theil der kieselschaligen Formen, namentlich die sogenannten Bacillarien (Stabthierchen), welche Ehrenberg mit großer Entschiedenheit zu dem Thierreiche rechnet, von anderen Beobachtern für Pflanzen erklärt werden. Für unsere Betrachtung ist der Unterschied dieser beiden entgegengesetzten Ansichten nicht sehr groß, es sind jedenfalls kleine organische Formen, die der Grenze zwischen Thier und Pflanze nahe stehen und wesentlich zur Bildung gewisser Gesteine beitragen.

Sehr großartig in seinen Resultaten ist auch der Steinbildungsproceß, welcher durch gewisse Zoophyten, die riffebauenden Corallen, ausgeübt wird. Zugleich ist dieser Vorgang mit so besonderen und interessanten Erscheinungen verbunden, daß ich nicht unterlassen will, etwas näher darauf einzugehen.

Gewisse Zoophyten, namentlich aus den Gattungen Millepora, Astraea, Meandrina und Caryophylla, leben gesellig, dicht gedrängt neheneinander, ja aufeinander, und ihre kalkigen Gehäuse, die Corallen, bilden steinige Ueberzüge des Meeresbodens, sogenannte Corallenbänke oder Corallenriffe, welche durch diese Thiere aus einer mäßigen, 100 Fuß nicht viel übersteigenden Tiefe bis zu der Oberfläche des Meeres aufgebaut werden, und zwar, wie es scheint, meist in der Weise, daß in den verschiedenen Tiefen und Localitäten sich verschiedene Corallenarten entwickeln.

Diese riffebildenden Corallen sind gegenwärtig auf die Aequatorialzone, zwischen 32° nördlicher und 29° südlicher Breite beschränkt, und bedürfen zu ihrem Gedeihen einen nicht tiefen, festen Boden, bewegtes und Nahrung zuführendes kalkhaltiges Meerwasser. Die Ablagerung schlammiger oder sandiger Niederschläge ist ihrem Leben durchaus hinderlich.

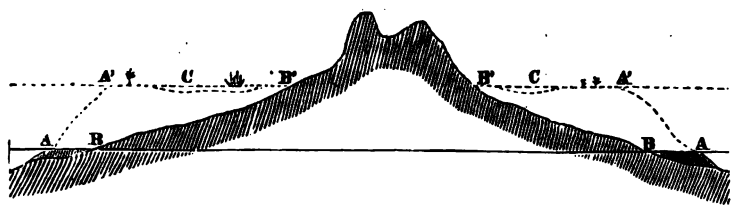
Aus früheren Schöpfungsperioden findet man jedoch Ueberreste ganz ähnlicher Corallenbauten viel weiter gegen die Pole hin.

Im großen Ocean, im Indischen Ocean und im Rothen Meere sind die Corallenriffe und Inseln ganz besonders häufige Erscheinungen. Von keinem Naturforscher sind sie gründlicher untersucht und beschrieben worden, als von C. Darwin. Er unterscheidet: eng an die Küsten

anschließende Riffe, die Küsten in einiger Entfernung parallel umgebende Riffe, und Coralleninseln (Ringinseln). Die ersteren sind nach ihm die natürlichen Anfänge der übrigen. Die Corallen beginnen ihren Bau stets nur an felsigen Meeresküsten, wo die äußeren Bedingungen ihnen günstig sind, und wo sie namentlich durch einmündende Flüsse nicht gestört werden.

Solche Küstenriffe findet man häufig im Rothen Meere, an der Ostküste Afrikas, an den Küsten Madagaskars, Sumatras, der Philippinen, Salomonsinseln, Hebriden und Antillen, und wahrscheinlich ist der flache Meeresboden oft auf große Strecken von ihnen überzogen. Ueberall aber, wo Flüsse in das Meer münden oder andere Umstände den Corallenbau beeinträchtigen, da sind diese Riffe durch offene Kanäle unterbrochen. Werden nun aber solche Küstengegenden, an welche die Zoophyten ihre steinigen Gehäuse angebaut haben, durch vulkanische Thätigkeit allmälig oder plötzlich gehoben, so kommen dadurch die Corallenbauten zum Theil oder ganz über den Wasserspiegel, die Thiere sterben und man findet die angefangenen Riffe auf trockenem Lande, wie das in einzelnen Theilen der obengenannten Gegenden häufig der Fall ist. Sie liefern dadurch zugleich einen deutlichen Beweis für die Hebung großer Erdkrustentheile.

Ganz anders ist das Resultat, wenn Küstenstriche oder Inselgebiete, in welchen Corallenbauten erfolgen, einer langsamen Senkung unterworfen sind. Es sei z. B. A B ein Corallenriff, welches eine hier im Querschnitt dargestellte Insel umgibt. Dasselbe reicht bis zu



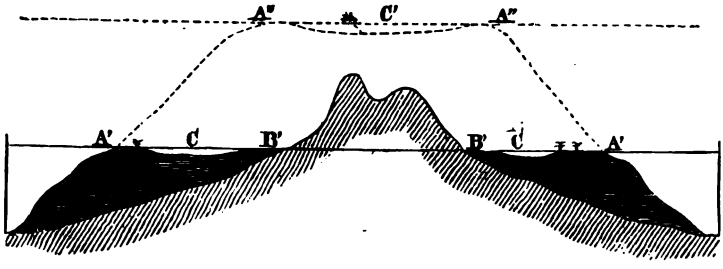
A A. Aeußerer Rand des Riffs. B B. Ufer der Insel. A'A'. Aeußerer Rand des Riffs nach längerm Wachsthum. C C. Der Lagunenkanal zwischen dem Riff und dem Ufer der neuen ringförmigen Insel. B'B'. Die Ufer der neuen Insel.

dem Meeresspiegel A B empor. Nachdem es aber ungefähr diese Höhe erreicht hat, sinkt die Insel mit dem benachbarten Meeresboden so tief unter den Meeresspiegel, daß dieser nun bis zur punktirten Linie A'B' reicht, vorausgesetzt, daß dieses Niedersinken nicht mehr auf

einmal beträgt, als die Tiefe, in welcher ſolche Corallen noch zu leben vermögen. Auf dieſe Weiſe wird es den Corallen möglich, höher und bis zum neuen Meeresſpiegel aufzubauen; da aber immer den äußeren Corallen durch die Brandung des Meeres mehr Nahrung zugeführt wird, als den inneren in der Nähe der Inſel, ſo erhält das Riff dadurch die in der obigen Zeichnung punktirte Form; es wird dadurch aus einem eng anſchließenden ein der Küſte paralleles Riff, zwiſchen welchem und der Inſel das Meer oft ſo tief iſt, daß große Schiffe durch einzelne Oeffnungen des concentriſchen Riffs eindringen und zwiſchen dem Riff und dem Lande ankern können. Bolabola in der Südſee iſt z. B. eine ſolche Inſel, welche von einem mit Palmen bewachſenen Corallenriff umgeben iſt.

Die Inſel Bolabola in der Südſee.

Wenn nun eine ſolche Inſel mit ringförmigem Corallenriff, wie die folgende Figur zeigt, fortwährend niederſinkt, ſo werden endlich



A'' A''. Aeußerer Rand des Corallenriffs. C' C'. Der Lagunenkanal. B' B'. Die Ufer der Inſel, Alluvialland und Detritus des Lagunenkanals. A' A'. Die äußeren Ränder der Inſel. C'. Die Lagune des neugebildeten Atoll.

die Meereswogen im Niveau A″ über ihrem Felsengipfel zusammenschlagen, und wenn das Sinken langsam genug erfolgt, um den Corallen ein beständiges Nachwachsen zur Oberfläche zu gestatten, so wird aus der Felsinsel mit concentrischem Riff endlich eine ringförmige Coralleninsel, ein flacher Landring (ein Atoll), der eben nur über den Meeresspiegel emporragt und ein kreisförmiges Meeresbecken umschließt. Darwin hat als Beispiel hierfür die Whitesundayinsel abgebildet.

Whitesunday-Eiland, eine Coralleninsel.

Ueber dem Felsengipfel ist hier ein kreisförmiges Wasserbecken entstanden, weil stets die äußeren Corallen, durch die Brandung begünstigt, schneller emporwachsen als die inneren, die, wenn das Becken ganz geschlossen ist, überhaupt nicht mehr nachwachsen können. Solche ringförmige oder kreisförmige Inseln, die nur eben den Meeresspiegel überragen, sowie einzelne von Parallelriffen umgebene Felsinseln finden sich zu vielen Tausenden in gewissen Regionen des Stillen und des Indischen Oceans. Sie nehmen mit ihren Zwischenräumen außerordentlich große Flächenräume ein; sollten sie später einmal durch Wanderung der vulkanischen Thätigkeit mit ihrem Grunde über den Meeresspiegel erhoben werden, so müßten sie eine über Tausende von Quadratmeilen verbreitete, ziemlich gleichmäßige Corallenformation darstellen, deren einzelne isolirte Emporragungen man leicht für Ueberreste eines ursprünglich über den ganzen Flächenraum hin zusammenhängenden sehr mächtigen Lagers halten könnte, was sie jedoch nie waren. Vor solchem Irrthume werden wir uns demnach auch bei Beurtheilung vorweltlicher Corallenriffe zu hüten haben, deren Analogie mit den lebenden noch nicht hinreichend untersucht und gewürdigt worden ist.

Auf eine merkwürdige Weise greifen also bei der Bildung der Coralleninseln die Wirkungen der vulkanischen Thätigkeit theils hindernd, theils befördernd in den Lebensproceß unscheinbarer kleiner Organismen ein, die dadurch, daß Milliarden von Individuen Millionen von Jahren in demselben Sinne wirken, ein erstaunlich großes Resultat hervorbringen, aber nur dann, wenn ihre Thätigkeit auf einem Gebiete stattfindet, welches einem langsamen Niedersinken unterworfen ist.

Der Ocean schont keineswegs die Corallenfelsen; die großen über das Riff zerstreuten und auf dem Ufer angehäuften Trümmer, zwischen denen die schönsten Kokosbäume wachsen, beweisen deutlich die unaufhörliche Gewalt seiner Wogen. Es ist unmöglich, diese Wellen zu sehen, sagt Darwin, ohne die Ueberzeugung zu gewinnen, daß jede Insel, möchte sie nun aus den härtesten Felsen, aus Porphyr, Granit oder Quarz bestehen, am Ende zerstört werden müßte. Und doch stehen diese niedrigen unbedeutenden Coralleninseln und gehen siegreich aus dem Kampfe hervor — sie wachsen sogar; aber hier nimmt eine andere Kraft, als Gegensatz zu der erstern, Antheil an dem Streite. Die organischen Kräfte scheiden die Atome des kohlensauren Kalks nacheinander aus den schäumenden Brechwogen und vereinigen sie zu einem symmetrischen Bau. Mag der Sturm die Masse in tausend große Trümmer zerbrechen, was will das heißen gegen die Arbeit von Myriaden von Architecten, die Tag und Nacht, Jahr aus Jahr ein arbeiten! Ein weicher und gelatinöser Körper eines Polypen besiegt durch die Wirkung der Lebensgesetze die große mechanische Kraft der Wogen eines Oceans, denen weder die Kunst der Menschen, noch die leblosen Werke der Natur mit Erfolg widerstehen können.

Nur sehr unbedeutend erscheinen gegen die soeben besprochenen Gesteinsbildungen durch kleine Organismen die Anhäufungen von festen Theilen höher organisirter Thiere, welche zuweilen unter besonderen Umständen wesentlich zu Gesteinsbildungen beitragen, so die Anhäufungen von Muschelschalen, von Knochen (zu Knochenbreccien) oder selbst von Excrementen (zu Guano). Wahrscheinlich zwar, aber noch nicht erwiesen ist dagegen zur Zeit noch die Annahme, daß auch aller Bitumengehalt der Gesteine, der in einigen Kalksteinen und Mergeln ziemlich groß ist, von den Körpern organischer Wesen herrührt.

Alle die bisher aufgezählten Gesteinsbildungen kommen der festen Erde von außen zu, häufen sich an ihrer Oberfläche an, es sind

exogene Gesteinsbildungen; die meisten derselben erfolgen unter Vermittelung des Wassers, und aus diesem Grunde hat man sie neptunische genannt. Aber wo stammen die festen Bestandtheile derselben her? Das Wasser hat sie nicht ursprünglich enthalten, sie kommen der Erde nicht von außen, aus dem Weltraume zu, sondern sie sind früher bereits, nur in anderer Gestalt im Erdkörper vorhanden gewesen. Sie sind insofern sämmtlich nur Umbildungen vorhandenen Materials, keine ursprünglichen Neubildungen von Gesteinen. Es läßt sich nachweisen, daß all ihr Material früher schon in ähnlichen oder in sehr abweichenden Gesteinen vorhanden war, und erst durch Auflösung oder mechanische Zerstörung zu einer solchen Umbildung befähigt wurde. Das ursprüngliche Material für alle Gesteinsbildungen (höchstens die Kohlen ausgenommen) ist, nach den früher über die Erdkrustenbildung entwickelten Ansichten, das Product der Erstarrung der heißflüssigen Erdmasse. Dieses Material werden wir nun näher kennen lernen.

---

b. Vulkanische Gesteinsbildungen.

Lava, Basalt u. s. w. — Absonderungsformen der Gesteine. — Säulen, Kugeln, Schalen u. s. w. — Blasenbildungen in Gesteinen, Ausfüllung dieser Blasenräume, Mandelsteine. — Eruptivgesteinsgänge. — Unterscheidung und Benennung der Gesteine. — Umwandlung der Gesteine nach ihrer Bildung. — Reibungsbreccien. — Rückblick.

Als in gewissem Sinne den neptunischen oder exogenen Gesteinsbildungen entgegengesetzt können wir die vulkanischen oder endogenen betrachten.

Der Lavastrom, welcher sich aus dem Krater eines Vulkans über den Abhang des Berges hin ergießt, bleibt nicht flüssig, sondern erstarrt, wird zu festem Gestein. Ebenso erstarrt auch sehr häufig die Lava in den inneren Zerspaltungen der Vulkane, in die sie sich eingezwängt hat. Nun ist aber nicht nur die chemische oder mineralogische Zusammensetzung der einzelnen Lavaergießungen unter sich etwas verschieden, sondern es wird auch noch die Textur der erstarrenden Masse ungleich, je nach den besonderen Umständen, unter welchen die Abkühlung erfolgt. Wir wollen diese verschiedenen Ursachen und

ihre Folgen etwas näher untersuchen, da sie zugleich einiges Licht auf die dunklere Entstehung der sogenannten plutonischen Gesteine werfen.

Die Laven des Aetna bestehen vorherrschend aus Gemengen von Pyroxen (Augit) mit etwas Feldspath (Labrador), in denen des Vesuv herrscht dagegen zuweilen der Feldspath vor und der Pyroxen spielt eine untergeordnetere Rolle. In einigen älteren Laven dieses Berges (an der Somma) finden wir sogar an der Stelle des Feldspathes sehr viel Leuzit. Aus den genannten Mineralien sind nun aber vorherrschend die Laven aller Vulkane, nur unter etwas ungleichen Mengungsverhältnissen, zusammengesetzt. Man nennt dieselben je nach dem Vorherrschen des einen oder des andern Minerals Augitlava (auch wol Doleritlava), Feldspatlava (Trachytlava) oder Leuzitlava. Außerdem treten freilich zuweilen noch einige andere Mineralien als untergeordnete oder accessorische Bestandtheile in denselben auf, so namentlich Magneteisenerz, welches wol nie ganz fehlt, Glimmer, Olivin, Hornblende u. s. w. Diese letzteren können aber als unwesentlich, oder durch besondere Umstände entstanden betrachtet werden.

Woher rührt nun überhaupt die etwas ungleiche Zusammensetzung der Laven? Das ist natürlich eine Frage von großer Wichtigkeit, namentlich dann, wenn man mit den meisten Geologen annimmt, daß ihr gemeinsamer Ursprung das noch jetzt heißflüssige Erdinnere sei. Gelöst ist diese Frage zur Zeit noch durch keine der verschiedenen geologischen Hypothesen, aber möglich ist es wol, daß die Ungleichheit theils durch eine etwas ungleichförmige Zusammensetzung des flüssigen Erdinnern, theils durch auf dem Wege, bei dem Emporbringen, aufgenommene Stoffe bedingt wird. Jedenfalls bleibt so viel feststehen, daß diese vorzugsweise aus Feldspath und Pyroxen gemengten Gesteine, die Laven, noch jetzt durch Erstarrung heißflüssiger Ergüsse aus dem Erdinnern entstehen, und die Aehnlichkeit ihrer Zusammensetzung mit der vieler Meteorsteine scheint anzudeuten, daß dies überhaupt eine in unserm Planetensysteme vorherrschende Stoffverbindung sei, da die Meteorsteine als kleine selbständige Himmelskörper betrachtet werden können.

Die äußere Gestalt der Lavagesteine ist entweder die von Lavaströmen und Lavaanhäufungen in Vertiefungen, oder die von Spaltenausfüllungen, sogenannten Gängen im Innern der Berge. Ihre

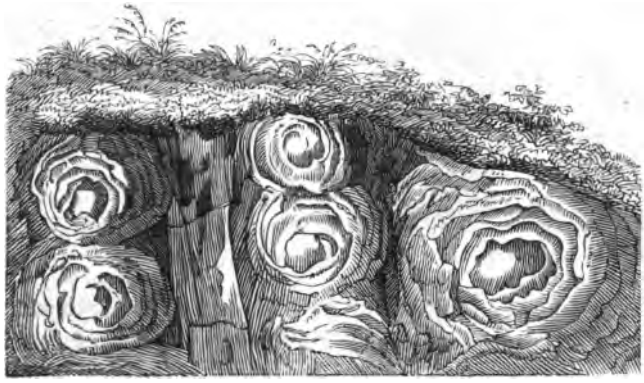
Textur ist sehr verschieden, je nach den Umständen, unter welchen sie fest werden. Jeder einzelne Lavastrom zeigt verschiedene Texturarten in seinen einzelnen Theilen, die äußere Kruste ist meistentheils schlackig, von vielen Blasenräumen durchzogen, gegen das Innere wird das Gestein, besonders bei mächtigen Lavamassen, immer dichter, weniger blasig, oft porphyrartig oder selbst krystallinisch-körnig. Porphyrartig nennt man nämlich ein Gestein, bei welchem in einer dichten Hauptmasse einzelne Krystalle gewisser Mineralien hervortreten, während man krystallinisch-körnig die Gesteine nennt, welche durchaus Aggregate von erkennbaren krystallinischen Mineraltheilen bilden. Auch die dichten Gesteine sind zwar meist aus lauter krystallinischen Theilen zusammengesetzt, aber dieselben sind in ihnen so klein, daß man sie mit unbewaffnetem Auge nicht zu unterscheiden vermag.

Diese Texturunterschiede der Laven rühren höchst wahrscheinlich von der schnellern oder langsamern Abkühlung her. Je schneller dieselbe erfolgte, um so glasartiger und schlackiger wurde das Gestein, je langsamer, um so dichter, porphyrartiger, oder endlich krystallinischer. Man kann dieselben Unterschiede auch bei künstlich geschmolzenen Erdenverbindungen beobachten.

Dazu zeigen nun die Laven zuweilen auch besondere Formen der Absonderung, d. h. Zerklüftung. Es ist dieselbe bei durch Abkühlung fest gewordenen Gesteinen überhaupt eine Folge der Volumenverminderung durch Wärmeverlust. Diese Volumenverminderung äußert sich bei allen großen Massen durch eine innere Zerspaltung, da die einzelnen Theile zu entfernt voneinander liegen, um sich alle nach irgend einem gemeinsamen Punkte hin concentriren zu können. Jeder einzelne abgesonderte Theil der ganzen Gesteinsmasse ist für sich etwas kleiner geworden. Diese Absonderung ist nun zwar in den meisten Fällen eine ganz unregelmäßig massige, sodaß Klüfte nach allen möglichen Richtungen hin das Gestein durchziehen, zuweilen aber auch eine regelmäßige, der Art, daß alle Absonderungsklüfte bestimmten Richtungen folgen. Sind sie nur einander parallel, so entsteht plattenförmige Absonderung, der Schichtung sehr ähnlich; durchschneiden sie sich aber in einer Hauptrichtung unter gewissen Winkeln, indem sie gleichsam lauter einzelne Achsen umgeben, so bilden sie säulenförmige Absonderung (siehe folgende Abbildung). Durchschneiden sie sich vorherrschend in drei Richtungen, die ziemlich rechtwinkelig aufeinanderstehen, so bilden sie eine cubische Absonderung,

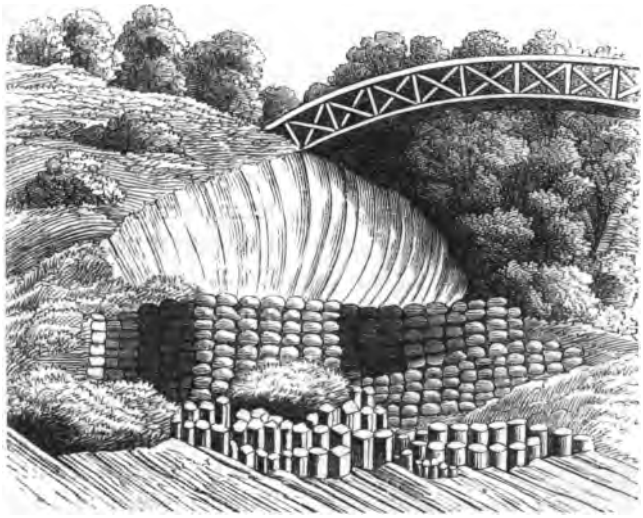
Säulenförmige Abſonderung des Baſalts in der Fingalshöhle auf Staffa.

oder, wenn ſchiefwinkelig, eine parallelepipediſche. Oft ſind ſie auch unregelmäßig gekrümmt, es entſteht dadurch eine knollige Abſonderung,



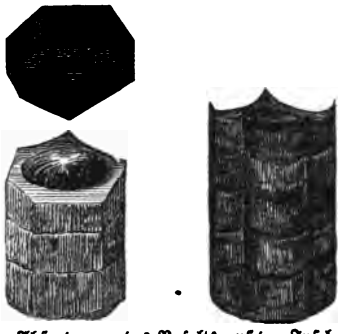
Concentriſch ſchalige Porphyrkugeln bei Teplitz.

oder ſie theilen das Geſtein in lauter concentriſch ſchalige Kugeln. Mehre dieſer Abſonderungsformen kommen auch wol miteinander



Die Käsgrotte bei Bertrich in der Eifel.

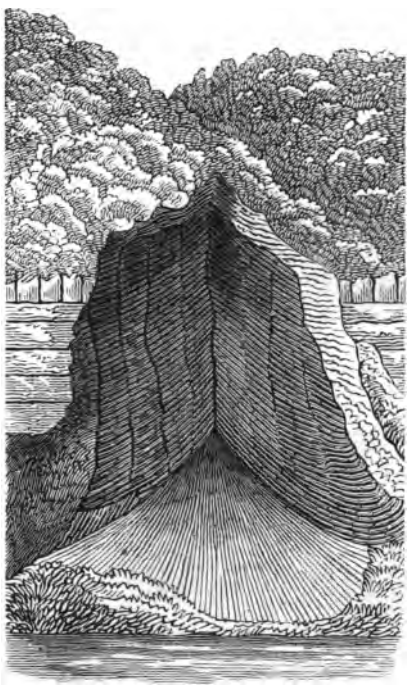
combinirt vor, ſo beſonders die kugelige und ſäulenförmige, in welchem Falle dann alle Säulen aus lauter einzelnen Kugeln beſtehen;



Absonderung des Basalts auf der Insel Staffa.

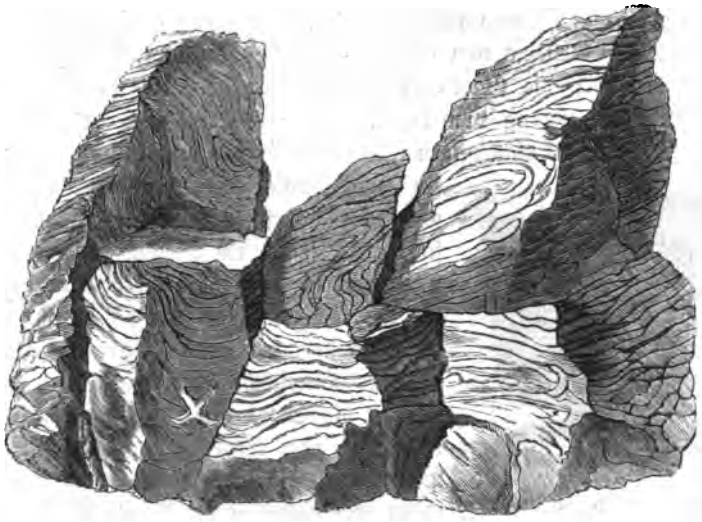
so z. B. der basaltische Lavastrom im Thale bei Bertrich in der Eifel (siehe die Abbildnng auf der vorhergehenden Seite), oder die Säulen sind in regelmäßige Glieder getheilt, die manchmal an den Kanten zackig ineinandergreifen oder beim Auseinandernehmen gleichsam ineinander eingelenkte Kugelflächen und Hohlkugeln zeigen, wie nebenstehende Abbildung zeigt.

Man kann bei einigen dieser Absonderungsformen bestimmte gesetzmäßige Stellungen beobachten: so stehen z. B. die Säulen in der Regel rechtwinkelig auf den größten oder wirksamsten Erkaltungsflächen, und wo das nicht der Fall ist, scheint stets eine Störung der ursprünglichen Verhältnisse stattgefunden zu haben, wie sich das denn manchmal sehr deutlich nachweisen läßt, so z. B. an dem schönen Basaltfelsen Werregotsch bei Aussig, der die in nebenstehender Figur dargestellten Absonderungsverhältnisse zeigt. Hier hat offenbar noch nach der Zerspaltung des mächtigen Basaltganges in Säulen, die ursprünglich rechtwinkelig auf beiden Spaltenwänden standen, eine Bewegung der innern Masse nach oben stattgefunden, während die äußeren Theile durch Reibung davon zurückgehalten wurden. Dadurch erklärt sich die eigenthümlich federförmige Stellung dieser Basaltsäulen.



Der Werregotsch, ein säulenförmiger Basaltgang in Sandstein, welcher oberhalb Aussig als Felsen in das Elbthal hervortritt

Eine andere interessante Combination zweier Absonderungsformen zeigt sich zuweilen an Porphyren, die säulenförmig und zugleich ge-



Säulen- und schalenförmig abgesonderter Porphyr auf dem Wagenberge bei Weinheim.

wunden schalig abgesondert sind, so daß dadurch die Säulen ein damascirtes Ansehen erhalten.

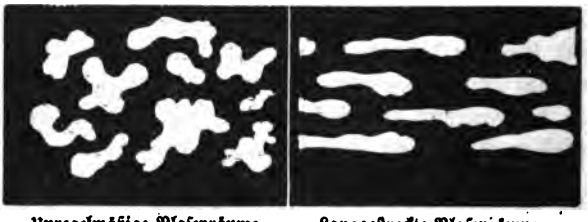
Auch die Blasenbildung in den vulkanischen Gesteinen verdient noch unsere besondere Beachtung. Blasenräume entstehen durch Entwickelung von Gasarten im Innern eines noch weichen Gesteins, die nicht Zeit finden, vor seiner Erhärtung ganz daraus zu entweichen. Gut ausgebackenes Schwarzbrot zeigt uns dieselbe Erscheinung. Zuweilen sind Gesteine dadurch gänzlich porös geworden, zuweilen sind die Blasen nur einzeln vertheilt. Es ist leicht begreiflich, daß schnelle Abkühlung die Fixirung der Blasen befördert, während dieselben bei sehr langsamer Abkühlung Zeit finden zu entweichen, und dies ist offenbar der Grund, warum die Lavaströme in ihrem Innern gewöhnlich nicht so blasig sind, als an ihrer Oberfläche, wo die Abkühlung am schnellsten erfolgte.

Es ist eine Eigenschaft aller Luftblasen, sich kugelförmig zu gestalten, wenn nicht äußere Einwirkungen diese Form modificiren. Solche äußere Einwirkungen sind nun aber in erstarrenden Gesteinen ihre ungleiche Dichtigkeit, der Widerstand, den sie den aufsteigenden

Blasen entgegensetzen, die Bewegung der noch weichen Gesteine selbst und der Druck von außen, den sie erleiden. Durch diese Umstände werden mancherlei regelmäßige und unregelmäßige Gestalten der Blasenräume bedingt. Wenn die Gasentwickelung im Innern eines ruhigen zähflüssigen Gesteins von einzelnen Punkten ausgeht, so erheben sich über denselben die Gasblasen ballonförmig oder birnförmig, indem die Gasentwickelung von der untern Spitze ausgeht. Man kann dasselbe in jedem dickflüssigen Zuckersyrup beobachten; wenn man durch ein Haarröhrchen hineinbläst; wo die Luft aus dem feinen Röhrchen langsam ausströmt, bildet sich ein Ballon, der mit seiner untern Spitze so lange am Röhrchen haftet, bis er groß genug ist, um sich loszureißen; reißt sich aber der kleine Ballon aufsteigend von der Entwickelungsstelle los, so zieht er sogleich die Spitze an sich, rundet sich zur Kugel ab oder erhält sogar durch den von unten etwas stärker wirkenden Druck der zähen Flüssigkeit eine kleine Abplattung.

Künstliche Blasenbildung.

Durch Erstarrung der Flüssigkeit in irgend einem dieser Zeiträume der Blasenbildung wird nun auch eine verschiedene Form fixirt. Bewegt sich aber ein zähflüssiges Gestein, wie z. B. ein Lavastrom, während der Blasenentwickelung und bis zu seiner Erstarrung, so werden dadurch alle Blasenräume je nach der Art der Bewegung unregelmäßig verzerrt (siehe die nächste Figur), oder nach einer Richtung (der Bewegungsrichtung) in die Länge ausgestreckt.



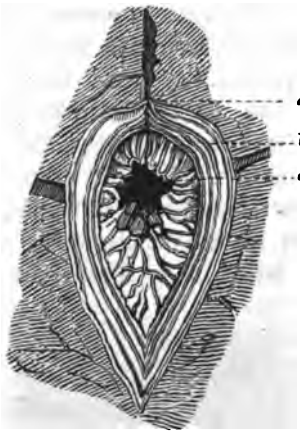
Unregelmäßige Blasenräume. Langgestreckte Blasenräume.

Bei sehr alten Laven und noch häufiger bei den älteren Eruptivgesteinen mit dichter Grundmasse, findet man die Blasenräume häufig ausgefüllt mit Chalcedon, Achat, Kalkspath, Zeolith und dergleichen. Solche Gesteine nennt man dann wegen der Aehnlichkeit der meist

weißen Mineralkerne mit Mandeln in Backwerken, Mandelsteine, ihre Textur aber mandelsteinartig.

Ein mit horizontalen Lagen erfüllter Blasenraum.

Es kann kaum noch einem Zweifel unterliegen, daß die Ausfüllung dieser Blasenräume durch einen sehr langsamen Secretions- und Infiltrationsproceß erfolgt. Sehr interessant sind dabei oft die Formen der Ausfüllung. Zuweilen ist der ganze Hohlraum mit einerlei Mineralsubstanz krystallinisch ausgefüllt, zuweilen aber unterscheidet man einzelne Lagen von etwas ungleicher Beschaffenheit, welche entweder wagrecht übereinander liegen, oder concentrisch einander



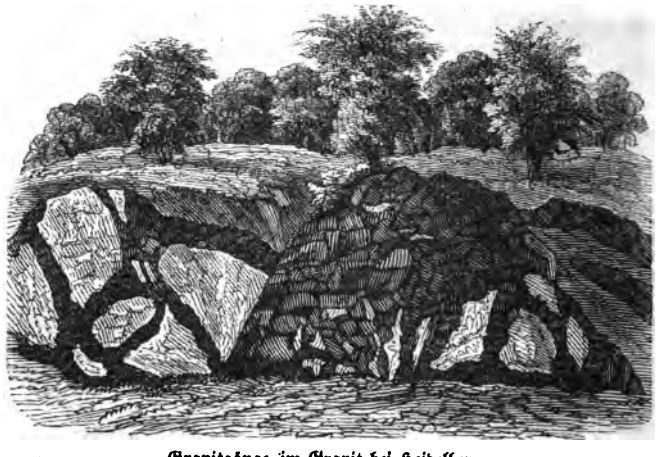
Concentrische Form der Ausfüllung der Blasenräume.

Theils horizontale, theils concentrische Form der Ausfüllung der Blasenräume.

Stalaktische Form der Ausfüllung der Blasenräume.

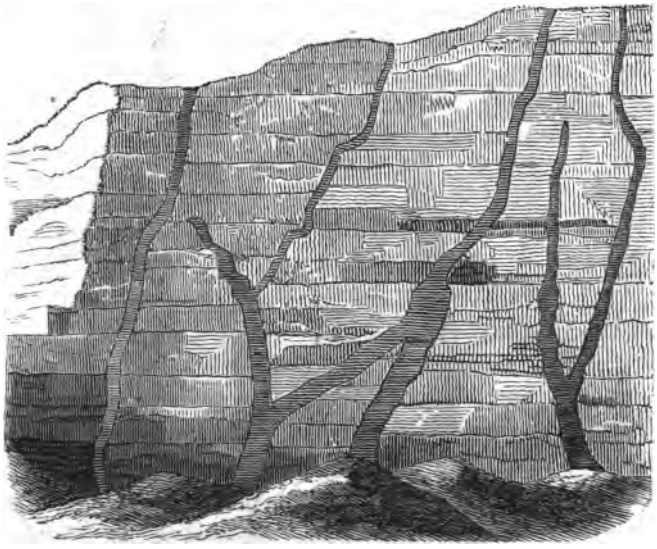
einschließen, dann aber meistentheils an einer Stelle, der sogenannten Infiltrationsöffnung, einander durchdringen. Endlich kommen beide Formen der Ausfüllung miteinander combinirt vor, die horizontale und die concentrische. Außerdem kommen in den Blasenräumen der Gesteine nicht selten auch Stalaktiten und Stalagmitenbildungen vor, welche, wie Eiszapfen oder wie Tropfsteine in Höhlen, sich von oben herab und zum Theil auch von unten hinauf gebildet haben. Alle diese Bildungen setzen für ihre Entstehung ungemein große Zeiträume voraus.

Die an Vulkanen durch Erstarrung heißflüssiger Auspressungen entstehenden Gesteine, die Laven, zeigen eine unverkennbare Analogie mit allen älteren sogenannten plutonischen Eruptivgesteinen, die man auch mit den Benennungen krystallinische Massengesteine oder abnorme Gesteine zu bezeichnen pflegt. Nicht nur die äußeren Formen des Auftretens und der Lagerung sind analog, sondern auch die Absonderungsverhältnisse, die Texturverhältnisse und sogar ihre mineralogische Zusammensetzung, obwol dieselben kleine Unterschiede darbieten, die indessen nicht größer sind als die Unterschiede dieser einzelnen Gesteine (Granit, Syenit, Grünstein, Porphyr, Basalt u. s. w.) oder der einzelnen Laven untereinander. Um die Uebereinstimmung des formalen Auftretens dieser verschiedenen Eruptivgesteine einigermaßen zu erläutern, dazu mögen die drei nachfolgenden Holzschnitte dienen. Eigentliche Lavaströme bilden diese älteren Eruptivgesteine



Granitgänge im Granit bei Heidelberg.

oder plutonischen Gesteine freilich fast niemals, wol aber ganz solche gangförmige Verzweigung zwischen anderen Gesteinen, wie die Laven im Innern der Vulkane, was wahrscheinlich seinen Grund darin hat, daß wir von ihnen eben nur die inneren Ramificationen noch beobachten können, während die Theile, mit denen ihre Emportreibungen einst die Oberfläche erreichten, längst wieder zerstört sind. Dieser Umstand, sowie die einst geringere Dicke der festen Erdkruste erklärt zugleich, warum diese Gesteine oft in so äußerst mächtigen Massen an die Erdoberfläche hervortreten, wobei sich dann regelmäßig zeigt, daß sie um so krystallinischer sind, je größer ihre Mächtigkeit ist. Zur bessern Vergleichung der mineralogischen Zusammensetzung sowol der

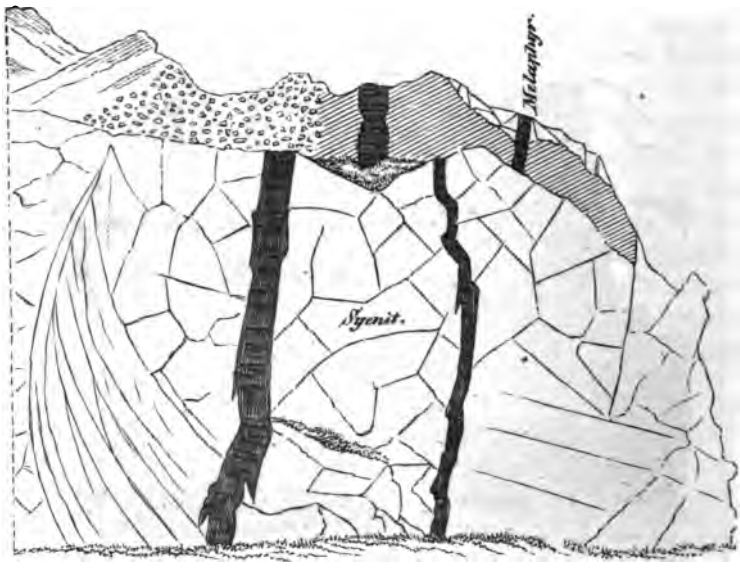


Lavagänge in Lavaschichten an der Somma.

älteren plutonischen als der neueren vulkanischen Eruptivgesteine wollen wir die allgemeinsten mineralogischen Charaktere der wichtigsten, d. h. verbreitetsten unter ihnen, hier mittheilen.

Granit ist ein krystallinisch-körniges Gemenge aus Feldspath, Glimmer und Quarz; gesellt sich dazu Hornblende, während Quarz und Glimmer theilweise oder ganz verschwinden, so nennt man das Gestein Syenit; besteht in diesem letztern Gemenge der Feldspath aus einer bestimmten Art (aus Tetartin), so ist es Diorit, dessen dichte

und ſchieferige Varietäten (die Aphanite) ſich nicht füglich von denen des Diabas unterſcheiden laſſen, in welchem die Hornblende durch Augit vertreten und der Feldſpath, Labrador oder Oligoklas iſt, weshalb man beide letztere Geſteine mit ihren dichten ſchieferigen, porphyrartigen, blaſigen oder mandelſteinartigen Varietäten ſehr häufig unter dem gemeinſamen Namen Grünſteine zuſammenzufaſſen pflegt. Dieſe Grünſteine ſind außerordentlich ähnlich den Melaphyren, Doleriten und Baſalten, in welchen Pyroxen als Gemengtheil vorherrſcht, verbunden mit Labrador, Olivin und Magneteiſenerz oder mit Nephelin. Die Dolerite und Baſalte aber treten geradezu ſchon als Laven auf.



Melaphyrgänge im Syenit des Plauiſchen Grundes.

Verſchwindet in dem Granit die durchaus kryſtalliniſch-körnige Textur und macht einer ganz porphyrartigen Platz, indem in dichter, hauptſächlich felſitiſcher Grundmaſſe einzelne Kryſtalle von Feldſpath und Quarz auftreten, ſo nennt man das Geſtein Quarzporphyr, und werden die Quarzkryſtalle durch Glimmer erſetzt: Glimmerporphyr, durch Hornblende: Hornblendeporphyr. Dieſe Porphyre gehen unmerklich über in Trachyt, in welchem ſtatt des gemeinen ein glaſiger

Feldspath (Sanidin) vorherrscht, und manche feldspathreiche Laven thätiger Vulkane sind geradezu als Trachyte zu bezeichnen. So gehen also alle diese Gesteine nicht nur ineinander, sondern auch in diejenigen Varietäten über, welche als wirkliche Laven bekannt sind, was offenbar schon vom rein mineralogischen Standpunkte aus auf eine analoge Entstehung aller schließen läßt.

Viele der durch besondere Namen unterschiedenen Gesteine, von denen wir hier nur einige als Beispiele anführten, sind durchaus nur Texturvarietäten, und man kann wol behaupten, daß eigentlich zu jeder durchaus krystallinischen Mineralverbindung, wie Granit, Syenit, Dolerit, auch eine porphyrartige und eine dichte, sowie häufig auch eine schieferige, blasige oder mandelsteinartige gehört, welche alle aber zuweilen durch besondere Namen als ganz besondere Gesteine unterschieden werden. Aus dem allen ergibt sich, daß für die Gesteine als solche, d. h. als Mineralaggregate, durchaus kein System möglich ist, sie bilden keine Arten (species), sondern nur ziemlich constante Gemenge von Mineralspecies oder Mineralindividuen. Ein Gestein ist für den Mineralogen beinahe dasselbe, was für den Botaniker eine Wiese, ein Wald oder ein Fruchtfeld ist, d. h. ein Zusammenvorkommen von Individuen einer oder mehrer vorherrschenden Arten, mit denen zuweilen noch einige als unwesentlich wie die Kornblumen in einem Kornfelde verbunden sind.

Keinem Botaniker wird es einfallen, diese natürlichen Pflanzengesellschaften (Nadelwälder, Laubwälder, Torfmoore, Wiesen ꝛc.) in der Art systematisch anordnen zu wollen, wie die Pflanzenarten, aus denen sie bestehen. Aehnlich aber ist das Unternehmen, wenn man versucht, die Gesteine in ein wissenschaftlich begründetes System zu ordnen. Nur für Sammlungen oder zum Zweck bequemerer Uebersicht kann es erlaubt sein, sie nach bestimmten Principien zu ordnen, ohne daß man je die Ansprüche eines Systems an solche Anordnung machen dürfte. Was aber in dieser Beziehung für die krystallinischen Massengesteine gilt, gilt gerade so für die neptunisch oder organisch gebildeten Schichtgesteine und für die krystallinischen Schiefer, auf die wir nachher noch zu sprechen kommen werden.

Zu den wichtigsten Unterschieden einiger plutonischen Gesteine von den vulkanischen gehört ihr Quarzgehalt, sowie außerdem das darin Auftreten gewisser, zum Theil sogar etwas wasserhaltiger Varietäten von Feldspath, Glimmer, Talk und Hornblende, die nach An-

sicht der Chemiker in ihrer gegenwärtigen Verbindung nicht füglich aus einer heißflüssigen Lösung auskrystallisirt sein können. Dennoch bleibt aber die Analogie ihrer formalen und Lagerungsverhältnisse, sowie der vollständige Uebergang bis zu den noch jetzt erkaltenden Laven, eine ganz unleugbare Thatsache. Wie nun diese Widersprüche lösen? — Einige der Ungleichheiten lassen sich durch den hohen Druck und die äußerst langsame Erkaltung erklären, welche nothwendige Folgen tief unterirdischer Erstarrung sein mußten; für andere aber reicht dieser Umstand nach den bisherigen Erfahrungen über die Wirkungen des Druckes und langsamer Abkühlung durchaus noch nicht hin.

Da hat sich nun durch die neueren Forschungen von Blum, Haidinger und Bischof ergeben, daß im Mineralreich außerordentlich viele Umwandlungen (Metamorphosen) stattfinden. Durch lange dauernde Einwirkung von Wasser, welches gewisse Bestandtheile auflöst, während es andere, die es bereits früher aufgelöst hat, dafür wieder absetzt, wird eine große Zahl von Mineralien beständig in andere verwandelt. Es ist ein besonderes Verdienst G. Bischof's, dieses nachgewiesen zu haben, obwol er dadurch schwerlich zu richtigen Folgerungen geleitet worden ist, wenn er fast alle Gesteine für ursprüngliche Wasserbildungen und Umbildungen erklärt. Uns scheint daraus nur hervorzugehen, daß die mineralogische Zusammensetzung der älteren oder plutonischen Eruptivgesteine möglicherweise ursprünglich (bei ihrer Bildung) der der neuen, vulkanischen (der Laven) weit ähnlicher gewesen sei, als das jetzt der Fall ist, und daß mit Beibehaltung der formalen und Lagerungsverhältnisse eben nur die mineralogische Zusammensetzung dieser Gesteine eine andere geworden ist. Das schließt jedoch gar nicht aus, daß sie schon ursprünglich etwas verschieden gewesen sein können; durch ungleiche Tiefe ihres Ursprungs sowol, als ihres Erstarrens, und zwar letzteres in einer Zeit, als die Totalmasse der Erde wahrscheinlich noch wärmer war als jetzt, folglich auch jede locale Abkühlung langsamer erfolgen muß.

Am meisten problematisch ist zur Zeit noch die Entstehung der krystallinischen Schiefergesteine (Gneiß, Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer, Talkschiefer u. s. w.). Die Wernerianer rechneten sie zu den aus dem Urmeer abgelagerten ältesten Gesteinen. Sie sollten als Urgneiß, Urglimmerschiefer u. s. w. zunächst nach dem Granit krystallinisch

niedergeschlagen worden sein. Die Unrichtigkeit dieser Erklärung ward bald allgemein anerkannt, aber die Ansichten über die Entstehung dieser Gesteine spalteten sich nun. Einige hielten sie für die Producte erster Erstarrung, Andere für umgewandelt aus mechanischen Wasserablagerungen, wie Schieferthon, Thonschiefer, Sandstein u. s. w.; man nannte sie darum metamorphische Gesteine, eine Bezeichnung, die jedoch deshalb jedenfalls nicht ganz zweckmäßig ist, da auch andere Gesteine umgewandelt sind, wenn auch nicht so allgemein und nicht in solchem Grade. Ueber die Art dieser Umwandlung bildeten sich aufs Neue sehr ungleiche Ansichten: während die Einen annahmen, sie seien durch plutonische Thätigkeit umgewandelt, glaubten die Andern, sie seien durch einen eigenthümlichen, etwas mystischen Gährungsproceß aus neptunischen Gesteinen entstanden, und ganz neuerlich sucht man ihre Umwandlung durch bloße Wasserwirkungen zu erklären.

Wir müssen uns jedoch zunächst einigermaßen mit der Natur und Lagerungsweise dieser Gesteine beschäftigen. Ihre mineralogische Zusammensetzung ist außerordentlich ähnlich der der krystallinischen Massengesteine. Wesentlich sind sie nur durch die herrschende schieferige oder flaßrige Textur und die meist parallele Uebereinanderlagerung oder Wechsellagerung ihrer einzelnen Varietäten von denselben unterschieden, und diese Textur, die parallele Gliederung, sowie die Spuren von etwas der Schichtung jedenfalls sehr Aehnlichem nähert sie den aus Wasser abgelagerten Schichtgesteinen.

Gneiß hat im Allgemeinen ganz dieselbe mineralogische Zusammensetzung wie Granit, er besteht aus einem krystallinischen Gemenge von Feldspath, Glimmer und Quarz mit schieferiger Textur. Fehlt in diesem Gemenge der Feldspath, so nennt man es Glimmerschiefer, tritt Hornblende hinzu, indem Quarz und Glimmer verschwinden: Hornblendenschiefer. Ist der Talk ganz vorherrschend, oder der Chlorit, und Quarz nur untergeordnet mit ihnen verbunden, so ist das Talkschiefer oder Chloritschiefer. Andere seltenere Mineralverbindungen dieser Art glaube ich hier übergehen zu können. Sie bilden alle Uebergänge ineinander, sodaß man häufig schwanken kann, welchen Namen man dafür anwenden soll. Fast nie findet man organische Reste darin, niemals deutliche. Oft lagern parallel zwischen ihnen körnige Kalksteine, Dolomite oder graphitreiche Gesteine, vielleicht von umgewandelten dichten Kalkstein- und Kohlenlagern her-

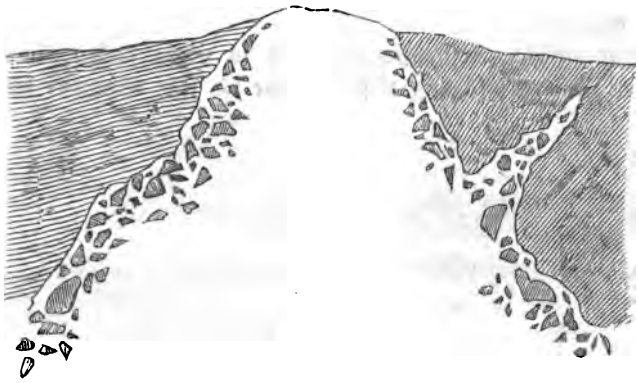
rührend. Sehr häufig überlagern sie zunächst den Granit- oder umgeben dessen unterirdische Kuppen concentrisch-mantelförmig.

Nur höchst selten enthalten sie Fragmente anderer Gesteine, vielleicht niemals füllen sie (in deutlicher Entwickelung) wahre Gangspalten aus wie die Eruptivgesteine; was man in den Alpen zuweilen dafür gehalten hat, sind große von Granit eingeschlossene Schieferschollen oder Lager. Sehr häufig sind sie dagegen von krystallinischen Massengesteinen gangförmig durchsetzt, oder in Gestalt von Bruchstücken oder großen Schollen von denselben umhüllt. Die deutlich neptunischen Gesteinsbildungen liegen in der Regel über ihnen.

Durch alle diese Beziehungen geben sie sich als Gesteinsbildungen zu erkennen, die durchschnittlich älter sind als die anderen, und gerade dieser Umstand dürfte die Hauptursache des Dunkels sein, welches noch über ihre Bildungsweise ausgebreitet ist. Bereits im ersten Abschnitte habe ich die eigne Ansicht über die vorherrschende Bildungsweise dieser Gesteine durch Umwandlung (theilweise Umschmelzung) entwickelt. Dadurch ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß einige krystallinische Schiefer durch erste Erstarrung der Erdkruste gebildet sein können, und daß andere zu den Eruptivgesteinen gerechnet werden müssen, wie denn wirklich manche Gneißarten des Erzgebirges und des Fichtelgebirges deutliche Bruchstücke anderer älterer Gneißvarietäten, sowie des benachbarten Thonschiefers umschließen. Diese sind offenbar zu den Graniten zu rechnen, von denen sie sich eben nur durch die etwas schieferige Textur unterscheiden, ein Verhalten, welches man auch an anderen entschieden eruptiven Gesteinen kennt. Endlich ist dadurch auch nicht ausgeschlossen, daß die Umwandlung, wenn auch überall durch plutonische Thätigkeit bedingt, dennoch theilweise durch Wasser befördert und bewirkt sein kann.

Außer den hier besprochenen Gesteinen gibt es nun aber auch noch solche, die sich nicht streng der einen oder der andern dieser Gruppen zuordnen lassen, weder den neptunischen oder *Schichtgesteinen*, noch den vulkanischen oder plutonischen *Massengesteinen*, noch den metamorphischen *Schiefergesteinen*. Dahin gehören z. B. die *Reibungsbreccien* und *Reibungsconglomerate*, welche dadurch entstanden zu sein scheinen, daß aus der Tiefe emporgedrungene Eruptivgesteine die vorhandenen theilweise zertrümmerten und viele Bruchstücke von ihnen aufnahmen, denen ihre eigene Masse

nun gleichsam nur als Bindemittel dient. Sie finden sich in der Regel nur an den Rändern der Eruptivgesteine.



Reibungsbreccien.

Auch die vulkanischen Tuffe gehören zu diesen Gesteinsarten von besonderer Bildungsweise. Das lockere, von den Vulkanen ausgeschleuderte, oft sehr ungleiche Material hat sich in ihnen theilweise unter Mitwirkung von Wasser zu festen Gesteinsbänken abgelagert, wie z. B. über Herculanum und Pompeji, und ähnlich gebildete Steinschichten findet man auch aus sehr alter, vorhistorischer Zeit herrührend.

Von den Mineralverbindungen endlich, welche, ohne eigentliche Gesteine von constanter Zusammensetzung zu bilden, so häufig Spalten in älteren Gesteinen ausfüllen und welche je nach ihrer Zusammensetzung Mineral- oder Erzgänge genannt werden, denke ich in einem besondern Abschnitte zu sprechen.

Hier haben wir also kennen gelernt: 1) Schichtgesteine, d. h. neptunisch oder organisch gebildete, geschichtete Versteinerungen enthaltende, auch normale Gesteine, sedimentäre Bildungen oder Flötzformationen genannt. 2) Krystallinische Massengesteine, aus mehr oder weniger krystallinischen Mineralaggregaten bestehend (körnig, porphyrartig, dicht glasig, blasig, mandelsteinartig), ohne alle organische Reste und ohne Schichtung, auch vulkanische und plutonische Eruptivgesteine oder abnorme Gesteine genannt. 3) Krystallinische

Schiefergesteine, mehr oder weniger krystallinische und schieferige Mineralaggregate, ohne deutliche Versteinerungen, ohne Bruchstücke und nicht gangförmig, auch Urschiefer oder metamorphorische Gesteine genannt.

Im nächsten Abschnitte werde ich zu zeigen suchen, in welcher Art der Zusammenfügung diese Gesteine die feste Erdkruste bilden.

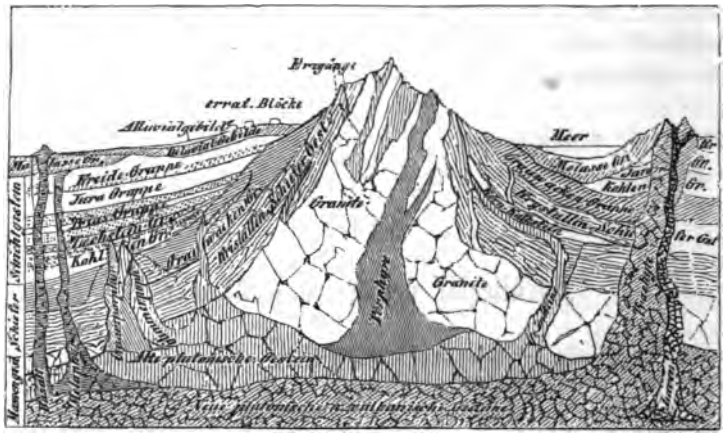
VI.

Architektur der festen Erdkruste.

Idealer Durchschnitt. — Uebereinanderlagerung der einzelnen Flötzformationen. — Alluvionen. — Diluvialgebilde. — Pliocenformation. — Miocenformation. — Eocenformation. — Kreideformation. — Quaderformation. — Neocomien. — Wielden. — Jura. — Leias. — Keuper. — Muschelkalk. — Buntsandstein. — Zechstein. — Rothliegendes. — Kohlenformation. — Kohlenkalkstein. — Grauwacke. — Vorherrschen der Meeresablagerungen.

Die umstehende Skizze soll ein ganz-ideales Bild von dem innern Bau der festen Erdkruste gewähren, d. h. wenn dieselbe irgendwo senkrecht durchschnitten und die Schnittfläche der Beobachtung frei gelegt werden könnte, so würde sie, wenn die Ansichten der Geologen richtig sind, ungefähr ein solches Ineinandergreifen der einzelnen Gesteinbildungen zeigen. Es ist jedoch diese Skizze nicht nur ideal, sondern auch schematisch, d. h. es sind die Resultate vieler einzelner über große Flächenräume ausgedehnter Beobachtungen auf einen kleinen Raum zusammengedrängt, und die ungemeine Mannigfaltigkeit der wirklichen Erscheinungen ist auf die einfachste ideale Grundform reducirt. Es würde demnach in Wirklichkeit kein einzelner Querschnitt der Erdkruste diesem Bilde sehr ähneln; sondern nur, wenn man viele miteinander vergleichen könnte, dann würde das mittlere Resultat ein unserm Bilde ähnliches sein, und auch das ist nur Vermuthung. Aber es bietet jedenfalls die bildliche Darstellung die leichteste Form, die Ansichten der Geologen über den Bau der festen Erdkruste anschaulich zu machen.

Dieses wegen seiner geringen Größe höchst unvollkommene Bild bedarf jedoch noch der weitern Erläuterung und Ausführung. Die drei wichtigsten Gesteinsgruppen: Schichtgesteine, Schiefergesteine und Massengesteine, haben wir bereits im vorigen Abschnitte kennen gelernt.



Idealer Querſchnitt eines Theiles der feſten Erdkruſte.

Die kryſtalliniſchen Schiefer, mögen ſie nun entſtanden ſein wie ſie wollen, bilden, als älteſte, den Ausgangspunkt zweier Bildungsreihen. Nach außen haben ſich die Schichtgeſteine als immer neuere Flötzformationen darauf abgelagert, nach innen ſind immer neue Geſteinskruſten darunter erſtarrt; ihr Material iſt aber gleichzeitig durch Zerſpaltungen der Schiefer- und Schichtgeſteine oft bis zur Oberfläche emporgedrungen. Auf dieſe Art ſind die Eruptivgeſteine oder kryſtalliniſchen Maſſengeſteine entſtanden, welche bei dieſem Emporbringen mancherlei Störungen in der urſprünglichen Lagerung der durchbrochenen Geſteine hervorbrachten, und häufig die Veranlaſſung von äußeren Gebirgserhebungen wurden. — Ueber die kryſtalliniſchen Schiefer- und Maſſengeſteine dürften hier keine weiteren Bemerkungen nöthig ſein, wol aber über die Schichtgeſteine, die ſich äußerſt mannigfach gegliedert zeigen, und bei denen ſich am ſicherſten das relative Alter ihrer Ablagerung ermitteln läßt.

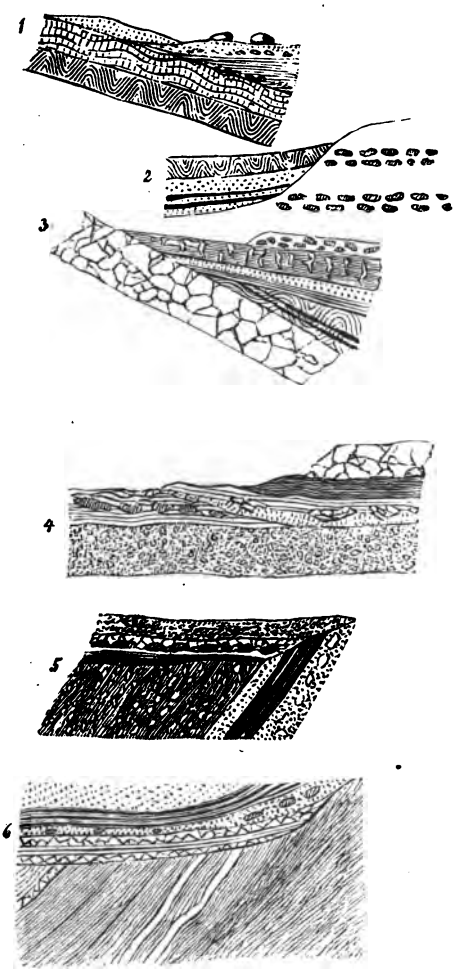
Man hat die geſammte Reihe derſelben in gewiſſe natürliche Abtheilungen, Gruppen und Formationen gebracht, deren jede als das Reſultat der Ablagerung in einem Zeitraume anzuſehen iſt, in welchem ſich die äußeren Verhältniſſe nicht, oder nur wenig veränderten, ſodaß alſo dieſe Formationen gleichſam Zeitabſchnitte der Erdgeſchichte repräſentiren.

Zu Werner's Zeit glaubte man, dieſe Schichtablagerungen hätten bei ihrer Bildung gleichſam concentriſche Schalen um den ganzen

Erdkörper gebildet, die nur später theilweise wieder zerstört worden wären.

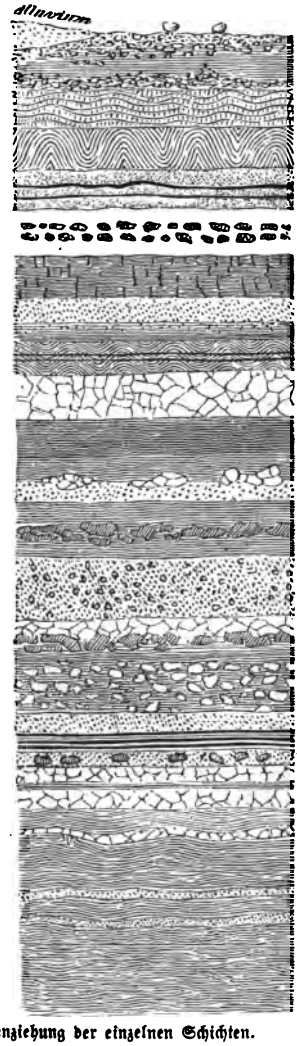
Diese Idee hat sich als unrichtig erwiesen, vielmehr scheint es, daß zwar die Wasserbedeckung in den älteren Erdperioden eine allgemeinere gewesen sei, als jetzt, daß aber dennoch Ablagerungen auf dem Meeresboden zu keiner Zeit gleichzeitig überall erfolgten, sondern immer nur in gewissen kleineren oder größeren Meeresbecken auf einmal, wie das auch jetzt der Fall ist. Noch weniger waren die gleichzeitigen Ablagerungen überall ganz gleicher Art, obwol allerdings ihre Mannigfaltigkeit mit der Zeit, mit der complicirtern Entwickelung der Erdoberflächengestaltung etwas zugenommen haben mag.

Die geographische Vertheilung von Meer und Land hat aber durch Wirkung der vulkanischen Thätigkeit im Laufe der Zeiten vielfach gewechselt, und so ist es gekommen, daß Ablagerungen aus dem Meere bald hier, bald da erfolgten, bald so, bald anders begrenzt waren. Diese frühere periodische Vertheilung von Wasser und Land läßt sich zum Theil noch jetzt erkennen aus der Vertheilung der einzelnen Flötzformationen; doch ist diese Erkennung oft sehr schwierig, weil die ursprünglichen Grenzen der Ablagerungen einzelner Perioden häufig bedeckt oder wieder zerstört sind.



Einzelne Beobachtungen der Schichtfolgen.

Die ideale Reihe der übereinander liegenden Flötzformationen ist nun erlangt worden durch ein gleichsam ideales Zusammenschieben der einzelnen theilweisen Reihenfolgen von vielen einzelnen Beobachtungspunkten, etwa in der Art, wie vor- und nachstehende in jeder Beziehung ganz ideale Figuren es zu versinnlichen suchen. Die Abzeichen der einzelnen Schichten sind dabei sehr willkürlich gewählt und von dem Holzkünstler auch leider nicht mit der Uebereinstimmung auf Seite 143 u. 144 ausgeführt, welche wünschenswerth gewesen wäre, um das sich Entsprechende sogleich zu erkennen.



Ideale Zusammenziehung der einzelnen Schichten.

Hatte man nämlich an sechs Einzelpunkten die S. 143 dargestellten sechs Lagerungsverhältnisse beobachtet, so ließ sich daraus, unabhängig von der ungleichen, oft übergreifenden Stellung der Schichten, die Reihenfolge aller einzelnen Glieder oder Formationen ideal so construiren, wie es in der nebenstehenden Figur geschehen ist. Eine so vollständige Uebereinanderlagerung aller bis jetzt bekannten sogenannten Formationen ist in Wirklichkeit nirgends bekannt, sie ist eben nur das Resultat einer Combination vieler einzelner Beobachtungen.

Ursprünglich erkannte man die regelmäßige, in mäßig großen Gebieten überall ganz gleichartig sich wiederholende Reihenfolge der Schichten dieser Ablagerungen nur aus der Uebereinstimmung der Gesteine. Seit dem Anfange dieses Jahrhunderts ist aber dazu ein neues, weit wichtigeres Kriterium gekommen, das sind die organischen Reste, die Versteinerungen. Sie zeigen in den verschiedenen aufeinander folgenden Formationen ungleiche Formen, in den einzelnen Formationen aber nach ihrer geographischen Verbreitung eine sehr große Gleichmäßigkeit, eine weit größere als die Gesteine, wenn auch nicht eine vollkommene, für die ganze Erdoberfläche gültige. Man kann deshalb aus der Art der Versteinerungen oft mit großer Sicherheit die gleichzeitige Entstehung, das größere oder geringere Alter von Ablagerungen erkennen, welche sich in großen Entfernungen vorfinden, auch wenn sie von sehr verschiedener mineralogischer Zusammensetzung sind. Ja der allgemeine Charakter dieser fossilen Organismen der älteren Perioden ist sogar über die ganze Erde hinweg ein ziemlich übereinstimmender, und es lassen sich darum die Ablagerungsresultate gewisser größeren Zeitabtheilungen — die Formationsgruppen — in den meisten bis jetzt näher bekannten Welttheilen nachweisen und als im Allgemeinen gleichzeitige Bildungen erkennen. Man darf bei solchen Parallelisirungen durch organische Reste nur nie außer Acht lassen, daß wol zu allen Zeiten nicht blos Meer vorhanden war, und daß die Ablagerungen, welche Ueberreste von Land- oder Süßwassergeschöpfen enthalten, sich nothwendig von den gleichzeitigen rein marinen Ablagerungen durch ihre Versteinerungen unterscheiden müssen. Hiernach unterscheidet man z. B. gleichzeitige Meer- und Süßwasserablagerungen. Aber auch unter den Meerbewohnern bestehen gewisse Unterschiede, indem etwas andere Arten tief im Innern des Meeres, an felsigen, sandigen oder schlammigen Küsten zu leben pflegen, wonach man in den einzelnen marinen Flötzformationen sogenannte Facies (pelagische, felsige, sandige, schlammige ꝛc.) zu unterscheiden pflegt, indem man damit die sowol mineralogisch, als besonders auch durch ihre organischen Reste etwas verschiedenen gleichzeitigen Ablagerungen eines und desselben Meeresbeckens in seinen einzelnen Theilen bezeichnet.

Die einzelnen Flötzformationen, welche man bis jetzt als einer idealen, d. h. nirgends ganz vollständig entwickelten Reihe angehörend, unterschieden hat, sind nun von oben nach unten folgende,

wobei ich zugleich einige wenige, aber nur ganz flüchtige Bemerkungen über dieselben anfüge:

Alluvionen oder recente Bildungen, d. h. noch fortdauernde Ablagerungen aus dem Meere und aus süßen Gewässern, mögen sie nun ganz mechanisch erfolgen, oder durch chemischen Niederschlag, oder durch Anhäufungen von Organismen. Sie enthalten Ueberreste von noch lebenden Thier- und Pflanzenarten. Beispiele sind die Deltabildungen der Flüsse, die Küstenanschwemmungen des Meeres, die Ablagerungen der Quellen, die Torfmoore, Infusorienanhäufungen und Corallenbänke. Ihnen entsprechen chronologisch die Lavaergießungen und die Tuffbildungen, welche von den gegenwärtig thätigen Vulkanen ausgehen.

Diluvialgebilde. Dahin gehören der größte Theil jener weit transportirten erratischen Felsblöcke (in Deutschland „nordische Geschiebe" genannt) und die unter dem Namen Löß bekannten Lehmablagerungen, sowie die meisten Sand- und Kießlager Norddeutschlands. Organische Ueberreste sind verhältnißmäßig selten darin zu finden, unter ihnen herrschen die noch lebenden Arten durchaus vor, doch finden sich besonders unter den Säugethierresten auch schon viele von ausgestorbenen Arten herrührend.

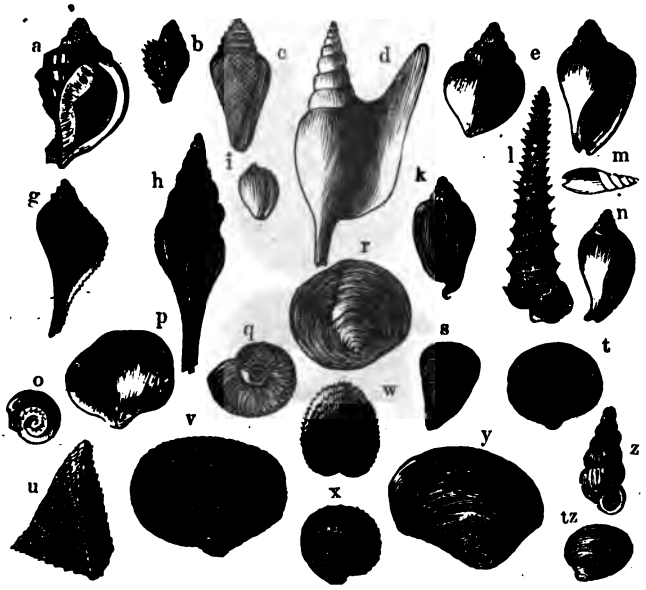
Tertiärgebilde auch Molassegruppe genannt. Sie unterscheiden sich von allen noch älteren Formationen dadurch, daß in ihnen, selbst in ihren untersten Gliedern, einige noch jetzt lebende Thierformen versteinert gefunden werden. Nach dem Verhältniß der lebenden und ausgestorbenen Formen unterscheidet man sie als Pliocen, Miocen und Eocen.

Pliocenformationen. Ablagerungen aus dem Meere oder aus süßen Gewässern, in welchen ungefähr $^2/_3$ noch lebende Arten von Meeresthieren mit $^1/_3$ ausgestorbenen zusammen vorkommen. Dahin gehören z. B. viele Süßwasserkalksteine und die ganze sogenannte Subapenninenformation in Oberitalien. Auch manche Braunkohlen scheinen dazu zu gehören.

Miocenformationen. Ablagerungen mit $^1/_3$ bis $^4/_5$ ausgestorbener Meeresthierarten. Der größere Theil der alpinischen Molassebildungen (Sandstein- und Nagelfluhe) werden hierzu gerechnet, die Tegelbildungen im Wiener Becken, die vielerlei Tertiärschichten im Mainzer Becken, der Septarienthon und viele Braunkohlenlagerungen Norddeutschlands.

Eocenformationen. Dies sind Ablagerungen mit meist ausgestorbenen und nur etwa noch $^4/_5$ oder weniger lebenden Arten; alle sogenannten Nummulitengesteine, welche sich in den Umgebungen des Mittelländischen Meeres besonders häufig finden, die Grobkalk- und Thonbildungen des Pariser, Londoner und Belgischen Beckens, scheinen hierzu zu gehören und auch manche Braunkohlenablagerungen. Von hier an abwärts hören alle lebenden Arten auf, die Versteinerungen rühren sämmtlich von ausgestorbenen Thieren und Pflanzen her. Die Meeresablagerungen herrschen durchaus vor und sie zeigen oft eine sehr constante Zusammensetzung über große Flächenräume.

Das sogenannte Pariser Becken enthält eine sehr charakteristische Reihenfolge von meist eocenen tertiären Schichten, welche von zwei



Versteinerungen aus dem Pariser Becken:

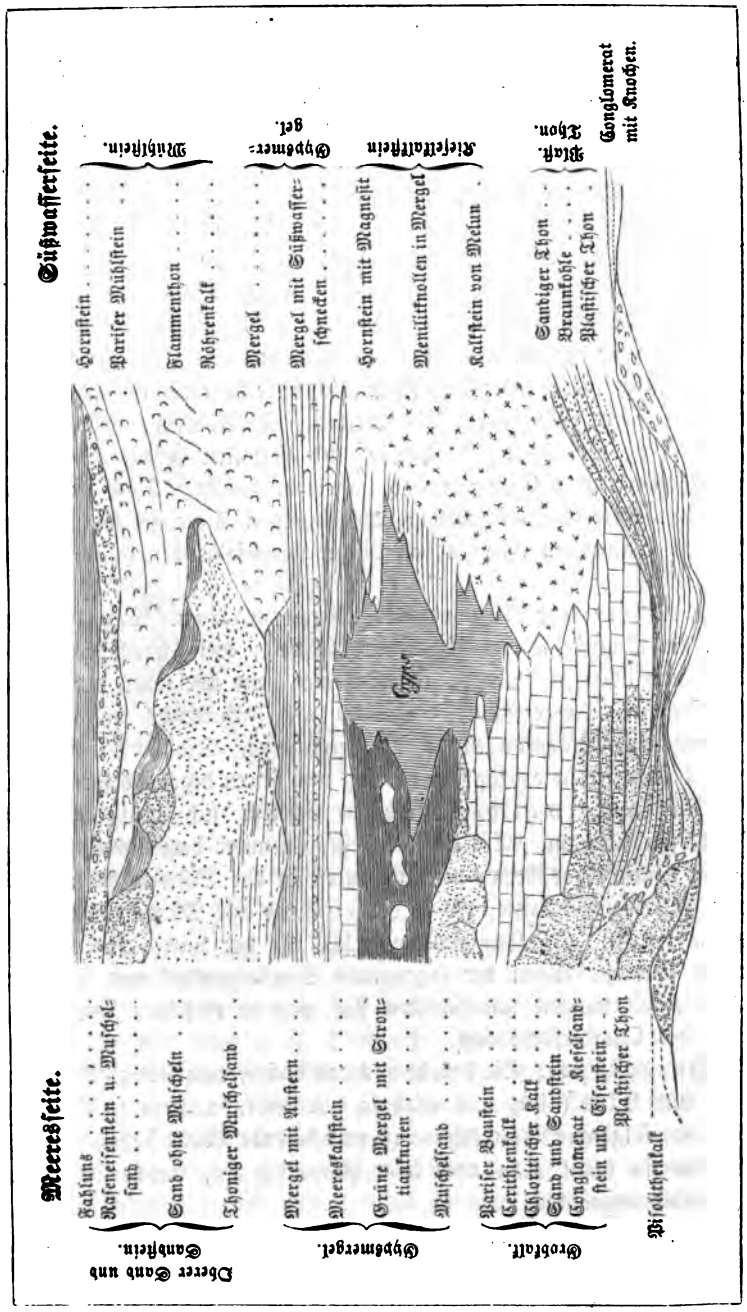
a Cassidaria carinata, *b* Strombus ornatus, *c* Conus diversiformis, *d* Rostellaria columbella, *e* Ampullaria acuminata, *f* Buccinum stromboides, *g* Pyrula nexilis, *h* Pleurotoma transversaria, *i* Marginella ovulata, *k* Harpa mutica, *l* Cerithium tricarinatum, *m* Oliva nitidula, *n* Fusus bulbiformis, *o* Bifrontia laudinensis, *p* Cyrena depressa, *q* Natica cepacea, *r* Neretina conoidea, *s* Pileopsis cornucopiae, *t* Lucina concentrica, *u* Cardium aviculare, *v* Corbis tumida, *w* Venericardia coravium, *x* Chama lamellosa, *y* Cyrena depressa, *z* Cyclostoma mumia, *tz* Venus turgidula.

Seiten herein etwas ungleich beſchaffen ſind. Conſt. Prevoſt hat von dieſer Lagerung den auf S. 149 abgebildeten idealen Querſchnitt entworfen, in welchem wieder alle Schichten in horizontaler Richtung gleichſam zuſammengeſchoben ſind. Die mittlere Region dieſer Schichten enthält unter mehr als 1500 verſchiedenen Arten von Meeresmolluskeu auch die umſtehend (S. 147) abgebildeten Verſteinerungen.

Während man die Pliocen-, Miocen- und Eocenformation ſehr oft als Tertiärbildungen (oder Molaſſegruppe im weitern Sinne)

Verſteinerungen der Kreidegruppe:

a Hippurites bioculata, *b* Cidaris clavigera, *c* Terebratula lacunosa, *d* Scaphites, *e* Ammonites, *f* Crioceras, *g* Turrilites.



Idealer Querschnitt des Pariser Beckens.

bezeichnet, werden die darunter folgenden Schichten bis zur Kohlenformation häufig Secundärformationen genannt und folgendergestalt in Gruppen und Formationen eingetheilt.

Kreidegruppe. Einzelne Glieder derselben sind in sehr großer Verbreitung, fast in allen Erdtheilen bekannt, man pflegt sie in drei Hauptabtheilungen: Kreide, Quader und Neocom, zu sondern. Ich lasse hier einige Formen von Meeresthieren (s. die auf S. 148 befindliche Figur) abbilden, welche für die ganze Gruppe charakteristisch sind:

Kreideformation. Die weiße Kreide in England, Frankreich und Dänemark ist das am meisten charakteristische Glied dieser Formation; sie enthält in ihrer obern Abtheilung sehr viel Feuersteine, als organische Reste aber außerordentlich viele Meeresmuscheln, unter denen Austern, Pectiniten, Inoceramen, Terebrateln, Hippuriten, Ammoniten, Skaphiten, Bakuliten und Hamiten besonders charakteristisch sind; auch Echiniten sind ungemein häufig. Doch ist es zu genauerer Unterscheidung nöthig, die einzelnen Arten zu kennen, da dieselben Gattungen auch in den beiden nächstfolgenden Formationen vorherrschen.

Quader- oder Quadersandsteinformation. Dazu gehören z. B. die Sandsteine der sächsischen Schweiz; viele ähnliche Sandstein- und Mergelbildungen in Westfalen und Belgien, der obere Grünsandstein (Greensand) Englands und Frankreichs und gewisse sehr mächtige Ablagerungen der Schweizeralpen. Die Versteinerungen unterscheiden sich, wie gesagt, nur wenig von denen der Kreideformation.

Neocomformation. Dieselbe schließt sich innig an den Quadersandstein an. Sie ist in Westfalen unter dem Namen Hilsgebilde bekannt, während man sie zuerst in der Schweiz bei Neuenburg unterscheiden lernte, wo sie vorherrschend aus Mergel- und Kalksteinen besteht. In England entspricht ihr der untere Greensand, in den schweizer Alpen der sogenannte Spatangenkalk und Schiefer. Die Versteinerungen unterscheiden sich nur in einzelnen Arten von denen der Quaderformation.

Juragruppe. Sie besteht aus den drei Formationen: Wielden, Jura und Leias (Lias) und wird in den beiden unteren z. B. durch die Reste folgender Meeresthiere (s. nachstehende Abbild.) charakterisirt. In Amerika kennt man noch keine Ablagerungen, welche demselben Zeitraume angehören.

Wieldenformation. Sie ward zuerst in England aufgefunden

Verſteinerungen der Juragruppe:

a Hippopodium ponderosum, *b* Cucullaea elongata, *c* Cryphaea incurva, *d* Pachyodon Listeri, *e* Gervillia, *f* Spirifer verrucosus, *g* Plagiostoma giganteum, *h* Trigonia navis, *i* Pleurotomaria anglica, *k* Ammonites colabratus, *l* Ammonites Amaltheus, *m* Cariophyllia annularis, *n* Nautilus decussatus, *o* Terebratula subserrata, *p* Apiocrinites rotundus.

(Waelden), vorherrſchend aus Thon und Kalkſtein beſtehend, dann aber auch ſehr mächtig in Weſtfalen (am Deiſter und Oſterwald) als Deiſterſandſtein. Dieſelbe enthält vorherrſchend Süßwaſſer- und Landorganismen, und deutet ſomit eine temporäre Unterbrechung der Meeresbedeckung in den Gegenden an, wo ſie ſich findet. Bei Minden werden auch Kohlenlager in derſelben abgebaut.

Juraformation. Man kennt ſie ſehr mächtig entwickelt und aus vielen einzelnen Abtheilungen beſtehend in Deutſchland, England,

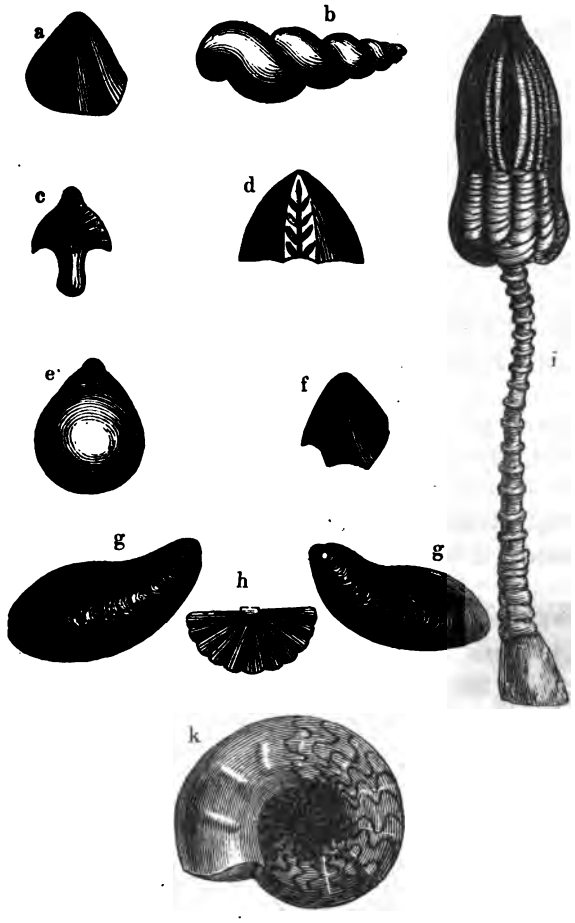
Frankreich und der Schweiz. Dem Juragebirge, welches vorherrschend aus ihr zusammengesetzt ist, verdankt sie ihren Namen. — Die obere Hälfte derselben besteht in diesen Gegenden hauptsächlich aus hellfarbigen Kalksteinen und Dolomiten, während in der untern braune Thone, Sandsteine und Rogensteine vorherrschen. Man pflegt deshalb weißen und braunen Jura zu unterscheiden; der letztere enthält reiche Eisensteinlager an der Schwäbischen Alp. Die vielen Versteinerungen der Juraformation rühren meist von Meeresorganismen her. Ammoniten, Belemniten, Terebrateln, Austern, Trigonien, Pholadomyen, Zoophyten, Krebse, Fische und Saurier herrschen vor, aber lauter andere Arten als in der Kreidegruppe. Wahrscheinlich die ältesten und nur höchst selten bei Stonesfield in England gefundenen Säugethierreste sind aus dieser Formation bekannt.

Leiasformation (auch Schwarzer Jura genannt). Sie wurde in England zuerst als selbständig erkannt (Lias ist ursprünglich eine Provinzialbenennung), nachher aber auch in Deutschland, Frankreich, der Schweiz, Polen und Rußland sehr verbreitet gefunden. In Nordengland enthält sie auch Kohlen- und Landpflanzenreste. In Deutschland besteht diese Formation zu oberst aus dunklen bituminösen Schiefern, darunter aus ähnlichen dichten Kalksteinen, und zu unterst aus oft eisenschüssigen Sandsteinen. In derselben wird eine sehr große Zahl von Versteinerungen gefunden, besonders Ammoniten, Belemniten, Crinoideen, zweischalige Muscheln, Fische und Saurier.

Triasgruppe. Unter dieser Benennung hat man die drei Formationen Keuper, Muschelkalk und Buntsandstein vereinigt, welche in Westdeutschland und Ostfrankreich gewöhnlich zusammen vorkommen. In England und vielleicht auch in Nordamerika aber werden diese drei Formationen durch die viel einförmigere Bildung des New-red-sandstones vertreten. Nur der Muschelkalk enthält viele Meeresversteinerungen.

Keuperformation. Diese hauptsächlich im westlichen Deutschland bekannte, vorherrschend sandige und mergelige Ablagerung (mit Lettenkohle in der untern Abtheilung) enthält nur wenig organische Ueberreste, theils von Landpflanzen, theils von Meeresmuscheln herrührend; doch glaubt man, daß sie in den südlichen Alpen (St. Cassian) durch eine weit mächtigere und durchaus marine Ablagerung vertreten werde. Oft wird Gyps, zuweilen auch Steinsalz darin gefunden.

Muschelkalkformation. Auch diese Flötzbildung ist am meisten charakteristisch im westlichen Deutschland entwickelt, läßt sich indessen auch östlich bis nach Polen und westlich in das Innere von Frankreich verfolgen. In der obern und untern Abtheilung herrschen oft sehr muschelreiche Kalksteine, in der Mitte Thon mit Anchydrit,



Versteinerungen des Muschelkalkes:

a Myophoria vulgaris, *b* Melania turitellaris, *c* Rhyncholites hirundo, *d* Rhyncholites Gailardoti, *e* Terebratula vulgaris, *f* Terebratula arculata, *g* Avicula socialis, *h* Spirifer fragilis, *i* Encrinites liliiformis, *k* Ammonites (Ceratites) nodosus.

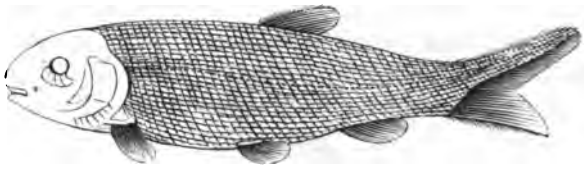
Gyps und Steinsalz vor. In Schlesien und in Baden kommen Zink-, Blei- und Eisenerzlagerstätten darin vor. In den Alpen ist es bis jetzt noch nicht gelungen, die dort jedenfalls sehr ausgedehnte Muschelkalkformation scharf von dem übrigen neuern Alpenkalkstein abzusondern.

Die Versteinerungen rühren alle von Meeresbewohnern her, besonders von Ceratiten, Encriniten, Terebrateln, Pectiniten, Austern, Avicula- und Plagiostomaarten. Auffallend ist im Muschelkalk der Mangel an Zoophyten (s. umstehende Abbildung).

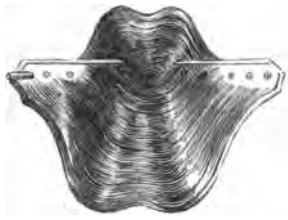
Buntsandstein. Die obere Abtheilung dieser Formation (der sogenannte „Röth") besteht in Westdeutschland aus rothen und grünen Schieferthonen oder Mergelschiefern, häufig mit Gyps, seltener mit Steinsalz. Darunter aber folgt eine sehr mächtige Sandsteinbildung von gelblicher, röthlicher oder bunter Färbung. Auch diese Formation ist charakteristisch nur in Deutschland und Frankreich bekannt. Sie enthält sehr wenig organische Reste, unter welchen sich einige Landpflanzen und Fährtenabdrücke von Sauriern am meisten auszeichnen.

Zechsteingruppe. In Deutschland nur durch eine Formation charakterisirt, welche in England als Magnesian-limeston zwischen New-red-sandstone liegt und in Rußland aus sehr abweichenden Ablagerungen bestehend mit älteren, unserm Rothliegenden ungefähr entsprechenden Schichten zusammen die Peremische Formation bildet.

Zechsteinformation. Eine durchaus deutsche Bildung, am schönsten in Thüringen zu finden, wo ihr unterstes Glied, der Kupferschiefer, zu sehr vielem Bergbau Veranlassung gegeben hat. Die obere Abtheilung besteht aus Stinkstein (d. i. bituminöser Kalkstein), Dolomit, Gyps und Steinsalz, oft auch mit Spatheisensteinstöcken; die untere aus sehr bituminösem Stinkstein, bituminösem Mergelschiefer, Kupferschiefer und einem oft kupferhaltigen Sandstein, dem sogenannt-Weißliegenden. Es sind verhältnißmäßig nur wenige Arten, welche in dieser Formation versteinert auftreten, diese aber zum Theil in sehr großer Zahl der Individuen, so besonders ein Fisch (Palaeonicus Freieslebenii) und eine zweischalige Muschel (Productus aculeatus), außerdem noch einige Bivalven, Zoophyten und mehre undeutliche Pflanzen. Auch sehr deutliche Reptilienreste hat man in dieser Formation gefunden und Protorosaurus genannt.



Palaeonicus Freieslebenii.

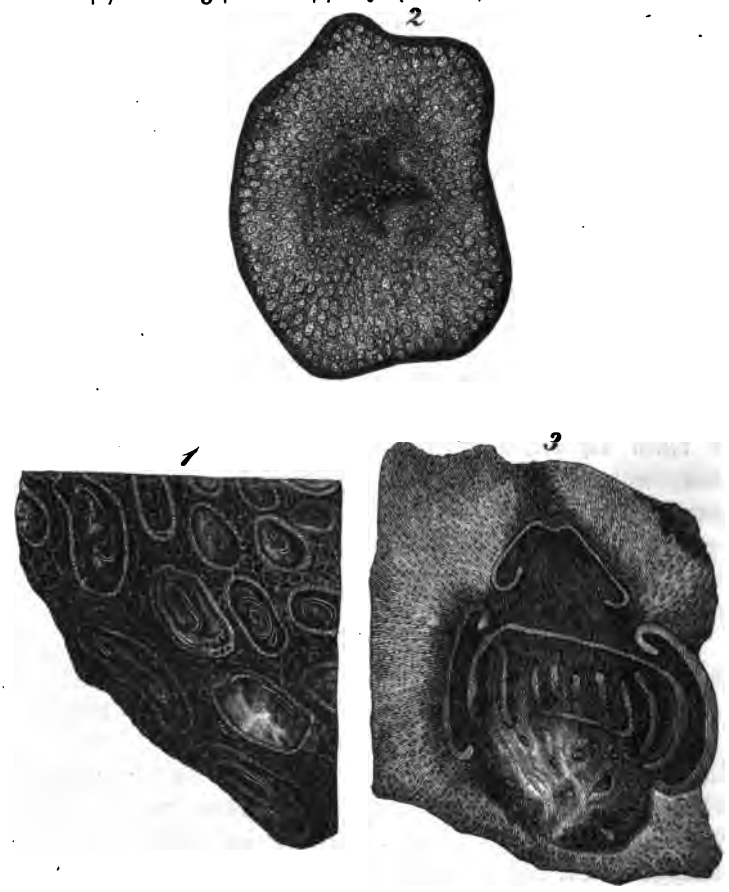


Productus aculeatus.

Kohlengruppe. Man vereinigt in ihr gewöhnlich die drei Formationen: Rothliegendes, Kohlenformation und Kohlenkalkstein, von denen die beiden ersteren vorherrschend Landpflanzenreste enthalten, während die letztere sehr viele Versteinerungen von Meeresorganismen umschließt, die sich zum Theil eng an die der darunter folgenden Grauwackengruppe anschließen. Auch das Verbreitungsgebiet des Kohlenkalksteines ist etwas abweichend von dem der Kohlenformation.

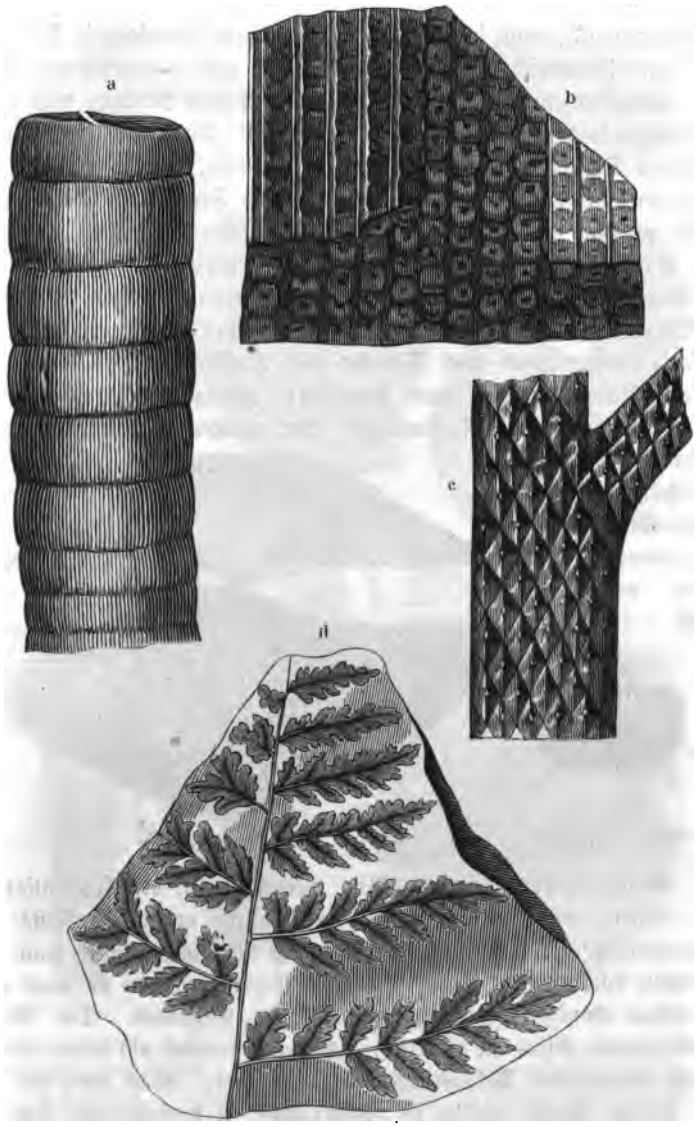
Rothliegendes. Es ist dieses abermals wie der Zechstein eine vorherrschend deutsche Bildung. Dasselbe besteht hauptsächlich aus groben Conglomeraten mit eisenreichem und deshalb rothem oder braunrothem Bindemittel. Gegen unten treten in demselben aber auch feine Sandsteine und Thonsteine, zuweilen selbst geringmächtige Kohlenlager auf. Es kommen in dieser Formation nur Landpflanzenreste vor, die meisten rühren von baumförmigen Farrn und Equisetaceen her. Bei vielen der in Hornstein umgewandelten ist die innere Textur deutlich erhalten, und diese nennt man theils Holzsteine, theils Staarsteine oder Madensteine. Das Rothliegende tritt besonders charakteristisch in Sachsen und Thüringen auf, wo es überall mit Porphyren zusammen vorkommt und die Kohlenformation zu bedecken pflegt. Zechstein und Rothliegendes sind, wie wir gesehen haben, in England und Nordamerika durch den untern New-red-sandstone vertreten; in Rußland hat man dagegen eine besonders

sehr mächtige Bildung an ihrer Stelle gefunden, welche den Namen „Permische Formation" oder „Premisches System" erhielt. Charakteristische Versteinerungen dieser Formation sind z. B. die nachstehend im Querschnitt dargestellten Pflanzenstammtheile:



Versteinerungen der Permischen Formation.
1. Querschnitt eines Farrenwurzelstockes Tubicaulis solenites. 2. Querschnitt eines Gefäßbündels von Psaronius asterolithus, stark vergrößert. 3. Querschnitt eines Farrenstammes Psaronius helmintholithus.

Kohlenformation. Sie ist ungemein wichtig durch die darin enthaltenen Steinkohlenlager. Diese wechseln gewöhnlich mit der Quantität nach weit überwiegenden grauen Sandsteinen und Schieferthonen, und aus diesem Wechsel besteht in der Hauptsache die ganze

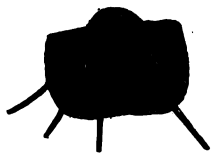


Versteinerungen der Kohlenformation:
a Calamites approximatus, *b* Sigillaria elegans, *c* Lepidodendron elegans und *d* Sphenopteris Schlotheimii.

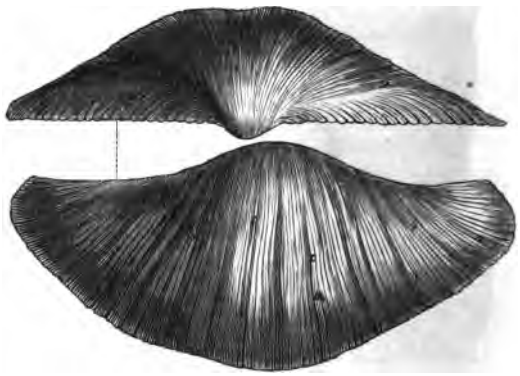
Formation, die nur örtlich auch noch Thoneisensteinlager und Kalksteinlager enthält. Die größte Verbreitung zeigt die Kohlenformation

in Nordamerika, dann in England; viel geringer ist dieselbe in Deutschland und Frankreich. Die Kohlenformation enthält beinahe nur Reste von Landpflanzen, diese aber in außerordentlicher Menge, wie denn die Kohlenlager selbst ganz daraus bestehen. Unter diesen Pflanzen herrschen Sigillarien, Stichmarien, Araukarien, Equisetaceen, Lycopodiaceen, Lepidodendra, Asterophylliten und Farrn vor, welche zum Theil gänzlich abweichen von allen jetzt existirenden Pflanzenformen.

Kohlenkalksteinformation. In Deutschland findet sie sich mächtig entwickelt fast nur in den Ruhrgegenden; dagegen ist dieselbe in Belgien, Frankreich und England zum Theil sehr verbreitet. Sie besteht vorherrschend aus Schiefer und Kalksteinschichten mit sehr vielen Meeresmuscheln und Corallen; untergeordnet enthält sie auch Sandsteine und Kohlenlager. Am meisten charakteristisch sind unter den Meeresmuscheln die vielen Arten von Productus (Leptaena), welche darin vorkommen, z. B.



Productus longispinus.



Productus latissimus.

Grauwackengruppe. Wir theilen sie in drei Formationen, von denen aber nur die zwei oberen durch organische Reste gut charakterisirt sind. Grauwackenbildungen überhaupt kennt man fast in allen Ländern der Erde, und fast überall bestehen sie auch aus ähnlichen thonigen, sandigen und kalkigen Gesteinen. Die Grauwackengruppe bildet die unterste, älteste der deutlich als solche erkennbaren neptunischen Ablagerungen auf der Erde. Was etwa vor ihr auf dieselbe Weise gebildet ist, scheint meist in krystallinische Schiefer umgewandelt zu sein, wie denn oft ihre eigenen Gesteine oder sogar noch neuere Ablagerungen auf diese Weise metamorphosirt und unkenntlich geworden sein mögen, wobei dann meistentheils auch alle eingeschlossenen organischen Formen verloren gegangen sind.

Verſteinerungen der Grauwackengruppe:

a Goniatites convolvens, *b* Spirifer speciosus, *c* Leptaena depressa, *d* Catenipora escharoides, *e* Cyathophyllum flexuosum, *f* Orthoceratites regularis, *g* Paradoxides Bohemicus, *h* Calymene Blumenbachii, *i* Clymenia inaequistriata.

Obere Grauwackenformation oder devoniſche Grauwacke. In England, wo zuerſt conſtante Abtheilungen der Grau-

wackengruppe erkannt wurden, besteht dieselbe theils aus Dem, was man früher dort als Old-red-sandstone bezeichnete, theils aus einer bestimmten Gliederung von thonschieferähnlichen Gesteinen, Sandsteinen und Kalksteinen mit anderen untergeordneten Einlagerungen, charakterisirt durch zahlreiche Goniatiten, Orthoceratiten und Trilobiten, Mollusken und Corallen; auch sind noch Fischreste und sehr vereinzelte Reste von Sauriern darin gefunden worden, welche der silurischen Grauwacke ganz fehlen. In Deutschland ist die Gliederung weniger deutlich, überhaupt bestehen hier alle Grauwackenbildungen von den ältesten bis zu den jüngsten vorherrschend aus Thonschiefer, Grauwackenschiefer und Grauwackensandstein mit untergeordneten Einlagerungen von Kalkstein, Dolomit, quarzigen Gesteinen, Kieselschiefer, Alaunschiefer, Eisenstein und Grünsteintuff, sehr häufig durchsetzt von Grünsteinen. Das Formationsalter hat man hier nur mühsam durch die Versteinerungen bestimmen können. Zur obern Grauwacke gehören hier vorherrschend die Grauwackengebiete am Rhein (zwischen Bingen und Bonn), am Harz, am östlichen Thüringer Wald, im Fichtel- und Erzgebirge sowie in den östlichen Alpen. Sehr ausgedehnt kennt man die Formation in Rußland und in Nordamerika.

Mittlere Grauwacke oder Silurische Grauwacke. Auch diese besteht in England aus einer sehr regelmäßigen Gliederung von Sandsteinen, thonigen Schiefern und Kalksteinen, mit anderen Species derselben Genera, welche für die Devonische Grauwacke charakteristisch sind, zu denen sich als besonders charakteristisch noch die Graptolithen gesellen. In Deutschland findet sich Silurische Grauwacke namentlich in Böhmen westlich von Prag; auch zwischen dem Thüringer Wald und dem Erzgebirge tritt sie mit oberer Grauwacke zugleich auf. Sehr verbreitet ist sie in Nordrußland, in Skandinavien und in Nordamerika.

Untere oder Cambrische Grauwacke. Thonschiefer herrscht ganz vor; Sandsteine, Kalksteine u. s. w. treten nur untergeordnet auf; organische Reste fehlen fast gänzlich. Wegen des letzteren Umstandes ist die sichere Bestimmung der Formation um so schwieriger, da stellenweise auch die beiden oberen Grauwackenformationen keine oder wenigstens keine deutlichen Versteinerungen enthalten, und da die Gesteine allmälig übergehen in die krystallinischen Schiefer, welche oft zunächst darunter folgen. Der Taunus und der Hundsrück, so-

wie der Thonschiefer südlich von Reichenberg in Böhmen dürften der Cambrischen Grauwacke zuzurechnen sein.

Rückblick. Wenn wir diese große Schichtenreihe von den neuesten Ablagerungen bis zur Grauwacke aufmerksam durchblicken, so zeigt sich in derselben ein gänzliches Vorherrschen der Meeresbildungen, ein auffallender Mangel von Süßwasserbildungen, und außerdem ein bemerkenswerthes Ueberwiegen der Ueberreste einer üppigen Landvegetation in zwei einzelnen bestimmten Perioden, in welchen die Stein- und Braunkohlenformation an sehr vielen Orten der Erdoberfläche gleichzeitig abgelagert worden zu sein scheinen.

Das allgemeine Vorherrschen der Meeresablagerungen ist leicht begreiflich, da auch jetzt ganz vorzugsweise nur im Meere ausgedehnte und mächtige Schichtenablagerungen erfolgen. Auffallen muß es dabei freilich immer noch, daß wir nur für sehr wenige Meeresablagerungen sogenannte Aequivalente kennen, die gleichzeitig auf dem Lande oder in süßen Gewässern gebildet worden sind. Die Erklärung dieses Umstandes ist indessen nicht allzu schwierig. Wir müssen zunächst bedenken, daß von der ganzen Erdoberfläche erst nur ein verhältnißmäßig kleiner Theil geognostisch ziemlich genau bekannt ist. Eigentlich nur Europa, ein Theil von Nordamerika, einige Küstenlinien der anderen Welttheile und einige Inseln. Das Innere der großen Continente von Südamerika, Grönland, Asien, Afrika und Neuholland ist in dieser Beziehung noch so gut als unbekannt, und ebenso aller Meeresboden. Da können also noch gar manche dieser zu erwartenden Aequivalente vorhanden sein. Außerdem aber ist es nach unserer ganzen geologischen Anschauungsweise wahrscheinlich, daß das Meer in früheren Erdperioden weit überwiegender die Erdoberfläche überdeckte als jetzt, und daß deshalb auch seine Ablagerungen in älteren Zeiten noch überwiegender sein mußten als jetzt. Unter dieser Voraussetzung ist nun aber das periodische Hervortreten der so mächtigen und ausgebreiteten Steinkohlenbildung in einer sehr alten Zeit um so überraschender, zumal da man für sie bis jetzt beinahe kein marines Aequivalent kennt. Wir sehen uns veranlaßt, nach der Ursache zu fragen, welche gerade in jener Periode eine so weit ausgebreitete und üppige Landvegetation begünstigte, wie sie in den Ueberresten der späteren Ablagerungen nirgends wieder angedeutet ist? Man könnte freilich sagen, die neueren Meeresformationen finden vielleicht ihre Kohlenäquivalente gerade in den Erd-

theilen, die noch nicht genauer geognostisch bekannt sind. Das wäre aber doch ein sehr sonderbarer Zufall, daß gerade in den zuerst am meisten civilisirten und darum geognostisch genauer bekannten Ländern die mächtigste Kohlenbildung überall derselben geologischen Zeitperiode angehört, während sie nach dieser Deutung in den anderen Gegenden anderen Perioden angehören würde. Die Ursache muß demnach wol eine andere sein. Sollte wirklich irgend eine bestimmte Periode der Erdgeschichte für die Entwickelung und weite Ausbreitung einer üppigen Landvegetation besonders günstig gewesen sein? Eine solche Ursache ist jedoch zur Zeit noch unbekannt; sie gehört zu den noch zu lösenden Problemen der Geologie.

Gewisse, ziemlich gleichzeitig eingetretene sehr allgemeine Veränderungen der Erdoberflächengestaltung sind überhaupt trotz der allgemeinen Stetigkeit der Erscheinungen unleugbar, dahin gehören auch die sehr allgemeinen Wirkungen der sogenannten Diluvialzeit in der ganzen nördlichen Hemisphäre, mit denen, wie wir gesehen haben, die erste Eisbildung auf der Erde Hand in Hand zu gehen scheint.

VII.

Entstehung und Bau der Gebirge.

Wesen der Gebirge. — Formen der Gebirge. — Gebirgssysteme. — Ihre Richtung ist nicht als einem Gesetze folgend erkannt. — Innerer Bau der Gebirge. — Vulkanische Gebirge. — Plutonische Gebirge. — Faltengebirge. — Centralmassengebirge obern, mittlern und untern Querschnittes. — Der Harz. — Das Riesengebirge. — Der Odenwald. — Das Erzgebirge. — Die Oberlausitz. — Der Jura. — Die Alleghanigebirge. — Das rheinische Schiefergebirge.

Die Geologen unterscheiden zwischen vulkanischer und plutonischer Thätigkeit, vulkanischen und plutonischen Gesteinen, indem sie mit ersterm Ausdrucke die äußeren, oberflächlichen, mit letzterm die inneren, unterirdischen Vorgänge und Bildungen ein und derselben Thätigkeit bezeichnen, welche A. v. Humboldt „die Reaction des Erdinnern gegen die feste Kruste und Oberfläche" nennt. Es sind jedoch durch Zerstörung und Beseitigung der frühern Oberfläche häufig auch die Resultate jener inneren Vorgänge, die plutonischen Gesteine, unserer Beobachtung zugänglich geworden. Diese Unterscheidung ist von ganz besonderer Wichtigkeit bei Beurtheilung und Deutung des äußern und innern Baues der Gebirge und seiner Entstehungsweise.

Während man im gemeinen Leben jede bedeutendere Anhäufung von Bergen ein Gebirge zu nennen pflegt, verstehen die Geologen in etwas engerer Bedeutung darunter merkbare locale Anschwellungen der Erdoberfläche, deren innerer Bau mit dem äußern in einer gewissen Harmonie steht, und welche dadurch einen gewissen Grad individueller Selbständigkeit zeigen. Könnte man ein solches Gebirge im Niveau seiner niederen Umgebungen abschneiden wie eine Warze, so würde immer noch der besondere innere Bau dieses Theiles der Erdkruste seine ehemalige Anwesenheit verrathen. Es ist daher nicht jede Berggruppe auch im geologischen

Sinne ein Gebirge, aber bei den meisten auffallenden Erdoberflächenanschwellungen ist auch jene innere Bedingung erfüllt. Nur ein verwerflicher Mißbrauch ist es, wenn manche Geologen den Ausdruck Gebirge auch mit Formation gleichbedeutend anwenden und z. B. Kreidegebirge, Kohlengebirge u. s. w. sagen oder schreiben statt Kreideformation, Kohlenformation u. s. w. Das sind innere Abtheilungen, die von der Oberflächenform an sich unabhängig sind.

Nach der äußern Form unterscheidet man Massengebirge, Kettengebirge, Plateaugebirge, Rückengebirge und Alpengebirge. Aber alle diese Formen sind nicht scharf voneinander abgegrenzt, sondern sie verlaufen ineinander gerade so, wie es keine scharfe Grenze zwischen niederen und hohen Gebirgen gibt.

Man nennt Massengebirge diejenigen, welche sich in ihrer horizontalen Verbreitung der Kreisform nähern, während die in dieser Beziehung mehr linearen, langgestreckten, Kettengebirge sind. Die ersteren besitzen oft einen centralen Hauptgipfel, z. B. der Harz den Brocken, die letzteren dagegen einen aus einer Reihe von Gipfeln zusammengesetzten Kamm (Gebirgsrücken oder Krete), so der nordwestliche Theil des Thüringer Waldes. Die Plateaugebirge nehmen eine breite, nur von Thälern durchschnittene Fläche mit ziemlich gleichmäßiger Höhe ein, während bei den Rückengebirgen überall einzelne Bergformen hervortreten, die nur nicht so schroff und nicht so durch tiefe Einschnitte oder Pässe voneinander getrennt sind, als bei den Alpengebirgen.

Obwol es unverkennbar, daß die Richtung der Gebirgsketten keine durchaus zufällige ist, und daß zuweilen mehre Einzelgebirge desselben Landes sich zu Gebirgssystemen linear hinter oder parallel nebeneinander reihen, so sind doch bis jetzt alle Bemühungen, die Richtung der Gebirgsketten auf bestimmte allgemeine Gesetze zurückzuführen, mißlungen. Buache nahm im Innern aller Continente einen Hauptgebirgsstock oder Knoten an, dessen Verzweigungen er über die ganze Erde hinweg, selbst unter der Meeresfläche fortideal zu verbinden suchte; Buffon glaubte gewissermaßen Gebirgsmeridiane und Parallelkreise zu erkennen; Gatterer führte diese Idee noch weiter aus, nach ihm sollte das die Erde umstrickende Gebirgsnetz sogar ein ganz regelmäßiges sein, dessen Maschenfäden aber die Meridiane und Parallelkreise unter einem gewissen Winkel schnitten. A. v. Humboldt, der alle diese Irrthümer widerlegte, hielt eine Zeit lang die

Richtung aus NO. gegen SW. für die unter den Gebirgen der Erde vorherrschende. Elie de Beaumont sucht alle Gebirge in eine Anzahl größte Kreise zu vereinigen, und meint, daß jede Richtung einem besondern Erhebungszeitalter angehöre. Er hat ganz neuerlich eine sehr ausführliche Arbeit darüber veröffentlicht, aber alle diese Hypotheſen bewährten sich bei genauerer Untersuchung nicht als haltbar, und sehr treffend sagt hierüber A. v. Humboldt in seinem Kosmos: „Wenn auch viele Naturprocesse, wie die des Lichtes, der Wärme und des Elektromagnetismus, auf Bewegung (Schwingungen) reducirt, einer mathematischen Gedankenentwickelung zugänglich geworden sind: so bleiben übrig die oft erwähnten, vielleicht unbezwinglichen Aufgaben von der Ursache chemischer Stoffverschiedenheit, wie von der scheinbar allen Gesetzen entzogenen Reihung in der Größe, der Dichtigkeit, Achsenstellung und Bahnexcentricität der Planeten, in der Zahl und dem Abstande ihrer Satelliten, in der Gestalt der Continente und der Stellung ihrer höchsten Bergketten."

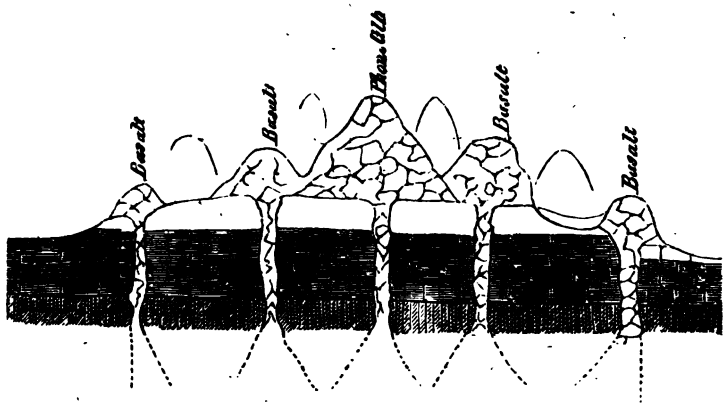
Wir wenden uns nun nach diesen wenigen Bemerkungen über die äußere Form und Richtung der Gebirgsketten ihrem innern Baue zu, und ich folge dabei wesentlich dem, was ich in meiner kleinen Schrift über den innern Bau der Gebirge 1851 ausführlich dargestellt habe.

Der innere Bau der Gebirge gewährt weit bessere Aufschlüsse über die Art ihrer Bildung, als die äußere Form, die zum Theil offenbar eine Folge späterer Zerstörungen ist. Aus seiner Natur erkennt man ihr Werden, und die verschiedenen Arten der Zustände dieses innern Baues sind meist nichts anderes als verschiedene Entwickelungs- und Zerstörungsphasen. Gewiß sehr bezeichnend ist es für alle Gebirge und in engster Beziehung zu ihrer Bildungsweise, daß in ihnen vorzugsweise häufig die krystallinischen Gesteine (Granit, Gneiß, Glimmerschiefer, Syenit, Grünstein, Porphyr, Trachyt, Basalt u. s. w.) auftreten, und daß die deutlich aus Wasser abgelagerten geschichteten Gesteine, wo sie im Innern von Gebirgsketten sich zeigen, stets deutlich aus ihrer ursprünglichen Lagerung gerückt, gehoben, gebogen, geknickt, aufgerichtet oder vielfach zertrümmert sind. Es deutet dieses allgemeine Verhalten sehr deutlich auf die gewaltsame Art der Gebirgsbildung hin, ja es ergibt sich daraus als allgemeinstes Resultat, daß alle Gebirge durch vulkanische (oder plutonische) Thätigkeit erhoben sind. Die Art, Energie, Form, räum-

liche Ausdehnung, Zeit u. s. w. dieser Erhebung jedoch, sowie der Grad der später eingetretenen Zerstörungen, sind bei den einzelnen Gebirgen sehr ungleich, und diese Umstände bedingen die wesentlichsten Unterschiede des beobachteten innern Baues.

Wir unterscheiden hauptsächlich drei Arten der Entstehung und sehr viele Combinationsformen, Entwickelungs- und Zerstörungsstadien derselben. Die drei Entstehungsarten sind: 1) durch Ausfluß und oberflächliche Anhäufung von Eruptivgesteinen (vulkanische Gebirge); 2) durch Erhebung vorhandener fester Erdkrustentheile, welche bewirkt ist durch aufdringende Eruptivgesteine (plutonische Gebirge); 3) durch Seitendruck und infolge davon Fältelung der festen Erdkruste (Faltengebirge).

Durch Ausfluß und oberflächliche Anhäufung von Eruptivgesteinen oder durch ausgeschleuderte Theile derselben sind nicht nur alle wahren Eruptionskegel der Vulkane entstanden, sondern auch alle Basalt- und Phonolithberge, wahrscheinlich sogar manche Trachyt- und Porphyrberge, sowie die aus ihnen bestehenden Berggruppen oder Gebirge. Ein sehr schönes Beispiel dieser Art liefert das böhmische Mittelgebirge, von welchem ein idealer Querschnitt ungefähr so aussehen würde.



Ganz idealer Durchschnitt des böhmischen Mittelgebirges.

Die Rhön, das Vogelsgebirge, der Kaiserstuhl im Breisgau, die Berge und Kuppen des Siebengebirges und der Eifel, sind andere minder deutliche Beispiele von Gebirgen dieser Art. Ein bezeichnender Umstand für diese Gebirge ist das Untergeordnetsein aller

Thalbildung, man erblickt vorherrschend nur Berge, die Thäler treten als eine durchaus secundäre Erscheinung auf. Die möglichen Zerstörungsformen dieser Gebirge werden wir später berühren.

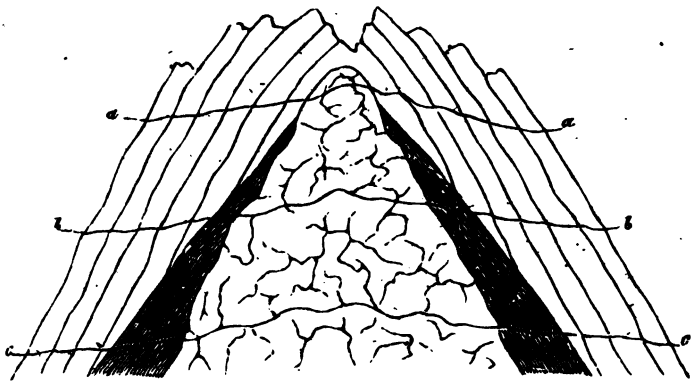
Zu der zweiten Art, bei welcher vorhandene feste Erdkrustentheile durch aufdringende Eruptivgesteine local erhoben sind, gehört die Mehrzahl aller Gebirge, wobei jedoch zu bemerken ist, daß mit ihr öfters auch noch Bergbildungen durch aus- und übergeflossene Eruptivgesteine verbunden sind.

Diese Grundform der Gebirge zeigt aber eine besonders große Zahl und Mannigfaltigkeit einzelner Entwickelungs- und Zerstörungsstadien. Wir wollen diese gleichsam von ihrem Embryonenzustande an durch eine fortlaufende Reihe der Ausbildung hindurch verfolgen.

1) Zuweilen sind an der Oberfläche nur stark gefaltete und dadurch local über ihr ursprüngliches Niveau erhobene Flötzformationen sichtbar, die erhebenden Eruptivgesteine treten nirgends zu Tage. Wir nennen solche Gebirge centrale Faltengebirge. In solchem Falle ist es schwierig, ja manchmal geradezu unmöglich, diese Gebirgsform von den durch Seitendruck entstandenen Faltengebirgen zu unterscheiden.

2) Es treten kleine Theile, gleichsam obere Enden von Eruptivgesteinen zwischen den erhobenen oder gefalteten Schicht- und Schiefergesteinen an die Oberfläche hervor. Dies sind eben nur die Spitzen nach unten zu dicker werdender und oft mit ihrer Basis sich verschmelzender Massen, deren Hervortreten entsprechend, gewöhnlich die Schicht- und Schiefergesteine erhoben und aufgerichtet sind.

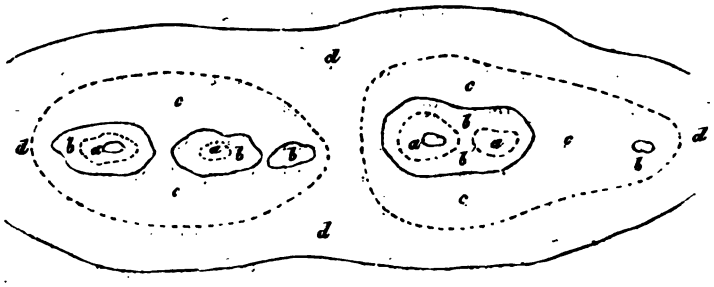
Diese Eruptivgesteine sind in der Regel plutonische, also nicht zu Tage ausgeflossene, und ihr Sichtbarwerden ist daher bedingt durch einen gewissen Grad oberflächlicher Zerstörung. Je nachdem die Gebirgsmasse wenig oder viel über ihre Umgebungen erhoben, und je nachdem sie später wenig oder viel von oben herein zerstört ist, treten dabei immer tiefere Querschnitte und infolge davon größere Flächenräume der Eruptivmassen zu Tage. Wir unterscheiden deshalb diese ungleichen Stufen der Zerstörung, allerdings etwas willkürlich, als Centralmassengebirge (plutonische Gebirge) obern, mittlern und untern Querschnittes, was sich am besten durch nachstehende ganz ideale Figur deutlich machen lassen wird. Die Linien a, b und c bezeichnen hier die durch Zerstörung der ursprünglich erhobenen Gebirgsmassen hervorgebrachten Oberflächenschnitte,



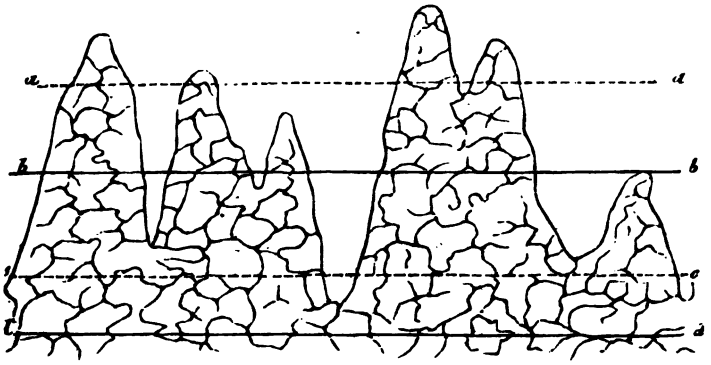
Ein Centralmassengebirge a obern, b mittlern und c untern Querschnittes.

und dabei erkennt man zugleich, wie durch um so tiefere Schnitte nicht nur um so größere Eruptivmassen, sondern auch um so stärker von ihnen aus umgewandelte Schichtgesteine, als krystallinische Schiefer frei gelegt werden.

Es ist das Auftreten im Horizontalschnitte gerundeter Gebiete ganz krystallinischer Eruptivgesteine, wie Granit und Syenit, eine sehr häufige Erscheinung. In den meisten plutonischen Gebirgsgegenden sind dergleichen sogenannte Granitellipsoide bekannt. Ich habe deshalb versucht, durch die folgende ganz ideale Figur zu zeigen, in welcher Weise diese im Allgemeinen kegelförmigen Eruptivmassen durch ungleich tiefe Querschnitte in ungleicher Zahl und Form zur Erscheinung kommen.

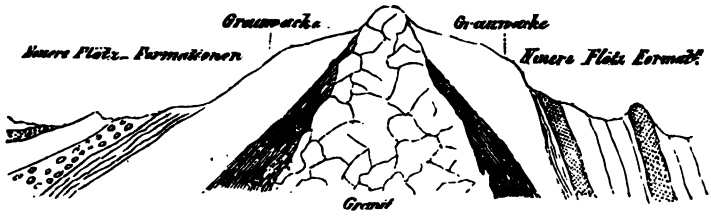


Einzelne Horizontalabschnitte, wie sie nacheinander zur Erscheinung kommen würden, wenn man den im folgenden Verticalschnitt dargestellten Erdkrustentheil nach und nach bis zu den Linien a b c d abtrüge. Es müssen dabei die Zwischenräume zwischen diesen Eruptivkegeln gleichfalls mit Gestein, aber nicht mit eruptivem, ausgefüllt gedacht werden.



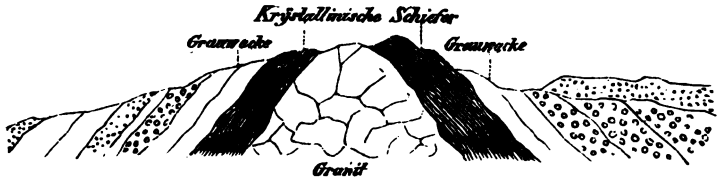
Verticalschnitt eines Erdkrustentheils.

Ich will nun noch für diese Centralmassengebirge ungleichen Querschnittes einige Beispiele aus der Wirklichkeit nennen und durch idealisirte Abbildungen zu veranschaulichen suchen. Der Harz liefert uns ein Centralmassengebirge obern Querschnittes in folgender Figur.



Durchaus idealer Querschnitt des Harzes.

Der Granit ragt hier eben nur (an zwei Stellen) aus den mächtigen Grauwackenbildungen hervor, ohne dieselben in krystallinische Schiefer umgewandelt zu haben. Die randlichen Schichten sind aufgerichtet bis zu denen der Kreide aufwärts, woraus hervorgeht, daß noch nach Ablagerung dieser der Harz erhoben worden ist, indessen sicher auch schon vorher, da die älteren Schichten im Allgemeinen stärker aufgerichtet sind, und da sie auf beiden Seiten sich nicht ganz gleichmäßig entwickelt haben, was vermuthen läßt, daß während ihrer Ablagerung schon eine Erhebung vorhanden war, welche Meeresbecken voneinander trennte und auf diese Weise eine Ungleichheit der Ablagerungen zu beiden Seiten veranlaßte. — Als ein Centralmassengebirge mittlern Querschnitts führe ich das Riesengebirge an,



Idealer Querſchnitt des Rieſengebirges.

hier ſind im Zerſtörungsquerſchnitte, der jetzigen Oberfläche, zwei granitiſche Eruptivkegel, mit ihrer Baſis verwachſen, ſodaß ſie gleichſam eine Achtform bilden, und dieſe Centralmaſſe iſt von einer ſehr mächtigen Hülle kryſtalliniſcher Schiefergeſteine umgeben, ehe darauf die Grauwackenbildungen folgen.

Ganz idealer Querſchnitt des Odenwaldes.

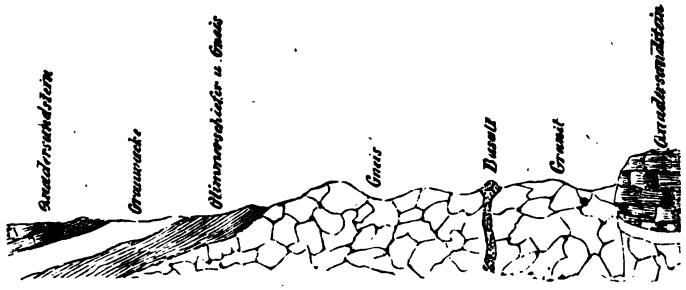
Die Schichtenaufrichtungen am Rieſengebirge (ſiehe obenſtehende Figur) und folglich ihre Urſachen, die Erhebungen, zeigen viele Analogie mit denen am Harze. Auch hier ſind ſelbſt die Kreidegebilde noch geſtört, während eine weit frühere Exiſtenz des Gebirges abermals durch Ungleichheit der beiderſeitigen Ablagerungen erkennbar iſt.

Als Centralmaſſengebirge tiefen Querſchnitts nenne ich endlich die Oberlauſitz und den Odenwald. In beiden herrſchen an der Oberfläche granitiſche Geſteine vor. Die erhobenen und umgewandelten Schichten treten nur an den äußerſten Rändern auf (ſiehe nebenſtehende Figur).

In die Claſſe der plutoniſch gehobenen gehören ferner auch diejenigen Gebirge, deren Oberfläche vorherrſchend aus (umgewandelten) kryſtalliniſchen Schiefergeſteinen beſteht. Sehr oft ſind dieſe einſeitig erhoben, d. h. es iſt eine mächtige Platte kryſtalliſcher Schiefer von einer Hauptſpalte aus einſeitig etwas aufgeklappt, wodurch dann meiſtentheils auch die äußere Form einen einſeitigen Steilabhang zeigt, wie beim Erzgebirge (ſiehe nachfolgende Figur).

Ganz idealer Querschnitt des Erzgebirges.

Das sind aber alles nur einzelne charakteristische Beispiele aus einer größern Zahl höchst mannigfaltiger Fälle, zugleich ist dabei keine Rücksicht genommen auf einzelne vulkanisch gebildete Berge, die sich gleichsam als secundäre Erscheinungen auf der Oberfläche mancher, ihrem Hauptcharakter nach plutonischen Gebirge zeigen, wie z. B. in der Oberlausitz. Es verhalten sich diese vulkanischen Basalt-

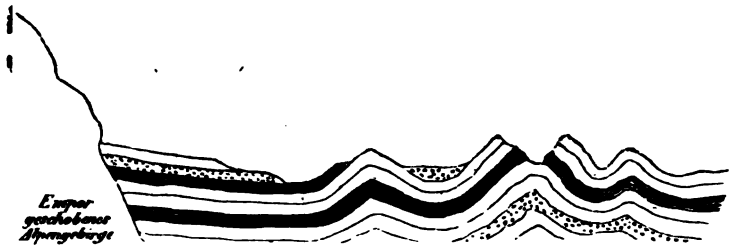


Ganz idealer Querschnitt der Oberlausitz.

oder Phonolithberge zu der Hauptmasse des Gebirges ähnlich wie die Auswurfskegel zu den Erhebungskegeln der Vulkane. Wir können in dieser Beziehung z. B. das oberlausitzer Granitgebirge mit seinen Basaltkegeln dem Aetnagebirge mit seinen Lava- und Schlackenkegeln vergleichen, nur ist die Altersdifferenz im erstern Falle eine weit größere als im letztern. Zwischen beiden Bildungen liegt dort ein ungleich größerer Zeitraum oberflächlicher Zerstörung.

Die dritte Bildungsart der Gebirge ist die durch Seitendruck und durch ihn veranlaßte Knickung, Aufrichtung, Fältelung der Flötzformationen in einer gewissen Entfernung von plutonisch gehobenen Gebirgen.

Ein vortreffliches Beispiel dieser Art liefert uns die Jurakette, die aus mehren parallelen Falten eines mächtigen Schichtensystems



Idealer Querschnitt des Juragebirges.

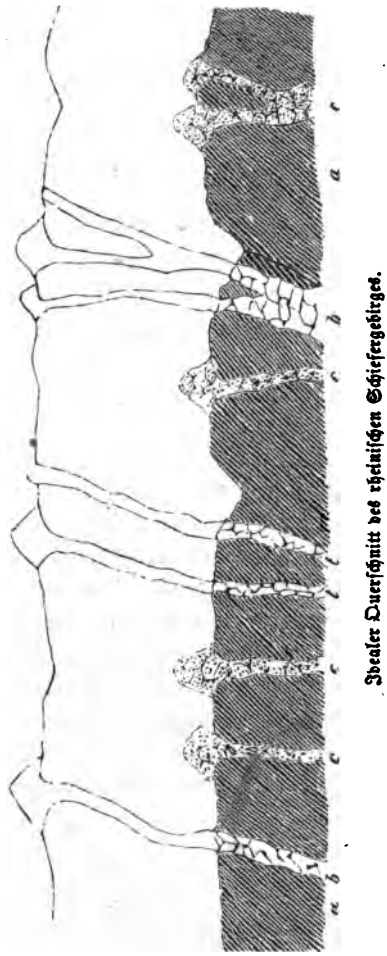
besteht, ungefähr der Skizze auf vorstehender Figur vergleichbar. Es ist kaum vorauszusetzen, daß hier eine Emporhebung aus der Tiefe stattgefunden hat, sondern eben nur eine seitliche Zusammenschiebung. Es pflegen sich diese Gebirge durch mehre parallele Einzelketten von ungefähr gleichem Werthe und durch zwischenliegende Längenthäler auszuzeichnen. Auch die Alleghanikette dürfte in gewissem Grade dieser Classe von Gebirgen angehören, wie der schöne ideale Querschnitt zeigt, welchen Lyell davon entworfen hat (siehe folgende Figur). Auch die Kette der Kalkalpen am Nordrand der Alpen ist in gewissem Grade hierher zu rechnen. — Oft mag es

Idealer Querschnitt des Alleghanigebirges.

sehr schwierig sein, diese Gebirge von den durch unmittelbare Hebung entstandenen Faltengebirgen bestimmt zu unterscheiden, da in jenen wie in diesen keine erhebenden Eruptivmassen zu Tage treten.

Man sieht, daß die Phasen der Zerstörung bei den plutonisch gehobenen Gebirgen eine ganz besondere Mannigfaltigkeit zeigen. Es fragt sich nun, ob dieser Umstand wirklich in ihrer besondern Natur bedingt ist, oder ob nicht etwa eben nur die Dauer und deshalb Stärke der Zerstörung den Unterschied zwischen ihnen und den vulkanischen Gebirgen bedingt? Ob nicht jedes vulkanische Gebirge, wenn es hoch genug über den Meeresspiegel erhoben, und dann bis zu hinreichend tiefem Querschnitt wieder zerstört würde, dieselben Erscheinungen zeigen müßte? — Dem ist nicht so, und daß es nicht

so sei, ergibt sich sowol aus den plutonisch gehobenen Faltengebirgen, die gar keine vulkanischen Eruptionswege erkennen lassen, während sie doch offenbar in ihrer Tiefe nach oben gepreßte, aber nie zum Ausbruche gekommene Eruptivgesteine bergen, als auch aus dem innern Bau der meisten vulkanischen Gebirge, insoweit derselbe erkannt ist. Im böhmischen Mittelgebirge, siehe die Figur auf S. 166, in der Rhön, in der Eifel, genug in allen etwas genauer bekannten deutschen Basaltgebirgen, zeigen sich die Schichten der vom Basalt deutlich durchbrochenen Flötzformationen in dessen Nähe keineswegs merkbar aus ihrer Lage gerückt, stark aufgerichtet und dergleichen, wie das neben den älteren plutonischen Eruptivgesteinen so ganz gewöhnlich und oft sehr entschieden der Fall ist. Könnte man eines dieser Gebirge bis zu einer Tiefe von einigen Tausend Fuß unter die jetzige Oberfläche abrasiren, so würden sich sicher nicht solche Erscheinungen zeigen, wie wir sie in den plutonisch gehobenen Gebirgen zu sehen gewohnt sind. Wir würden sehr wahrscheinlich die in ihrer allgemeinen Lagerung wenig gestörten Schichtgesteine nur von basaltischen Gängen und Stielen durchsetzt sehen, etwa in der Art, wie die Grauwackengebiete so häufig von stock-, lager- und gangförmigen Grünsteinen durchsetzt sind. Ob nicht diese letzteren einst zu ähnlichen Eruptionskuppen gehörten, wie die Basaltberge sie darstellen, das ist eine andere Frage, deren Be-

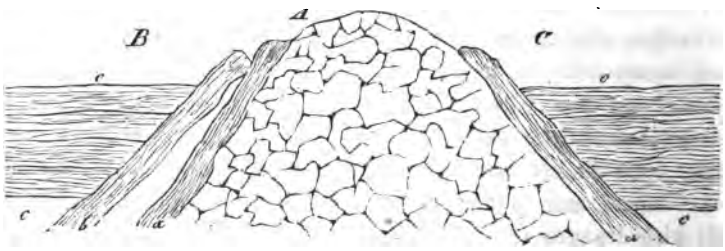


Idealer Querschnitt des rheinischen Schiefergebirges.

jahung gar nicht unwahrscheinlich ist. Wäre es so, so würden sich z. B. zwei weit auseinander liegende Abschnitte aus der Geschichte des rheinischen Schiefergebirges, in welchem Basalt- und Grünsteindurchsetzungen nebeneinander vorkommen, durch umstehende Figur ideal ausdrücken lassen, in welcher die unausgeführte obere Hälfte einen Querschnitt kurz nach erfolgten Grünsteineruptionen, die ausgeführte dagegen einen jetzigen Querschnitt darstellt.

Aus sehr vielen Thatsachen ergibt sich, daß nicht nur der Zerstörungs-, sondern auch der Bildungsproceß, die Erhebung der Gebirge, ein außerordentlich langsamer war und ist. Sehr viele aufeinander folgende locale Hebungen sind nöthig gewesen, um ein bedeutendes Gebirge hervorzubringen, und diese können durch lange Perioden der Ruhe, in welchen allmälige Abschwemmung wirkte, oder sogar durch temporäre Senkungen unterbrochen worden sein. Theilweise läßt sich der Wechsel solcher Perioden aus dem ungleichen Verhalten der Flötzformation nachweisen. Sind einige derselben stärker erhoben oder aufgerichtet als andere, so läßt sich vermuthen, daß jene von einer größern Zahl einzelner Hebungen betroffen wurden, als diese, und sind einzelne gar nicht aus ihrer horizontalen Anlagerung gestört, so kann man schließen, daß sie erst nach der letzten Erhebung abgelagert wurden; sind endlich einige nur auf einer Seite einer Gebirgskette vorhanden, so läßt sich vermuthen, daß zur Zeit der Ablagerung ersterer das Gebirge bereits in gewissem Grade vorhanden war, und dadurch eine Ablagerungsscheide, eine Art Damm bildete, während bei älteren Ablagerungen die Scheide fehlte, oder bei neueren nicht mehr diejenige ungestörte Ausdehnung besaß, welche ein solches Hinderniß der Ausbreitung bilden konnte.

Folgende Figur mag diese Verhältnisse auf eine durchaus schematische oder ideale Weise erläutern. Die älteste Formation a ist



Ideale Darstellung des Bildungsprocesses der Gebirge.

auf beiden Seiten des Gebirges A sehr stark aufgerichtet, sie war bei der ersten Erhebung desselben bereits vorhanden. Als b sich ablagerte, bildete das Gebirge eine Ablagerungsscheide der Art, daß nur auf der Seite B die Ablagerung dieser Formation erfolgen konnte. Aber das Gebirge wurde nachher noch mehr in die Höhe geschoben und deshalb b auch etwas aufgerichtet, nur nicht so viel als a. Als dagegen c abgelagert wurde, bildete das Gebirge durch irgend einen Umstand nicht mehr eine Wasserscheide, und die Ablagerung der Formation c erfolgte deshalb wieder auf beiden Seiten B und C. Auch fand nachher keine Erhebung der Gebirgskette mehr statt, weshalb c überall ungestört in seiner horizontalen Lagerung verblieb. Solche Unterschiede und Vorgänge haben nun aber bei den meisten Gebirgen in sehr complicirter Weise stattgefunden, der Art, daß es nicht immer leicht ist, sie auf ihre einfachen Grundursachen zurückzuführen.

Die ungleichen Höhen der Gebirge sind natürlich ebenfalls theils Folgen ihrer ungleichen Erhebung, theils ihrer ungleichen Zerstörung, und es versteht sich von selbst, daß in der Regel (oder bei übrigens gleichen Umständen stets) jedes Gebirge um so mehr oberflächlich zerstört sein wird, je älter seine erste Erhebung ist, je länger es folglich über seine Umgebungen hervorragte und den zerstörenden Wirkungen dadurch besonders ausgesetzt war.

VIII.

Die Erzlagerstätten.

Wichtigkeit und Verschiedenheit der Erzlagerstätten. — Eingesprengte Erze. — Erzgänge. — Entstehung derselben. — Erzstöcke. — Erzlager. — Deren Entstehung. — Sogenannte Seifenlager. — Gewinnungsarten der Erzlagerstätten.

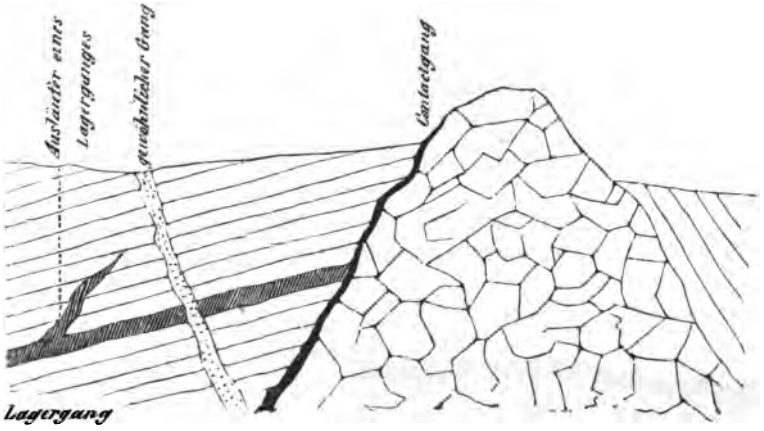
Die Metalle, sowol im gediegenen als im vererzten Zustande, gehören zu den nur sehr untergeordneten Bestandtheilen der festen Erdkruste. Wären sie nicht für den Menschen so ungemein wichtig, so würden sie vom rein geologischen Standpunkte kaum eine große Beachtung finden. Der Werth der einzelnen Metalle ist aber bekanntlich sehr ungleich, und hiernach sind auch die Bestrebungen für ihre Auffindung und Gewinnung sehr verschieden.

Selbst die Bezeichnungen: Erz, Erzlagerstätte, Erzgang u. s. w. sind ganz von dem ungleichen Werthe der Metalle abhängig. Ein Mineral oder eine Mineralverbindung, welche nur ein Procent Eisen enthält, nennt Niemand ein Eisenerz, während ein Quarzfels, welcher ein Procent Gold enthält, als eine sehr reiche Golderzlagerstätte anzusehen ist.

Man findet die Erze und Metalle in der festen Erdkruste besonders unter folgenden formalen Verhältnissen: 1) in Gängen (Spaltenausfüllungen), 2) in unregelmäßigen sogenannten stockförmigen Massen, 3) in Lagern zwischen geschichteten Gesteinen oder an der äußern Erdoberfläche. Wenn Erztheile eingesprengt in gewissen Gesteinen vorkommen, so theilen sie dann mit diesen die Form des Auftretens.

Ich will diese Arten des Vorkommens einzeln besprechen und durch einige Beispiele zu erläutern suchen.

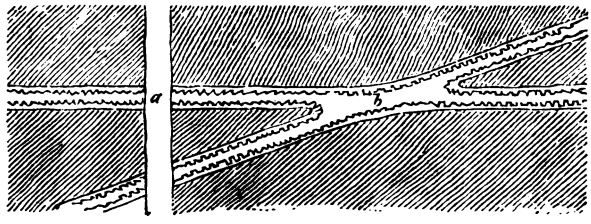
1) Erzgänge. Gänge sind Ausfüllungen von Spalten, und wenn das ausfüllende Material so viel metallische Theile enthält, daß es dadurch bergmännisch wichtig wird, so nennt man sie Erzgänge. Da alle Gänge Ausfüllungen von Spalten sind, so ist ihre Gestalt nothwendig eine der Plattenform sich nähernde. Die Gänge sind jedoch nie wirklich und vollständig plattenförmig, nicht nur keilen sie sich gegen ihre seitlichen Enden hin allmälig aus, sondern auch in ihrem ganzen Verlaufe zeigen sie davon mancherlei Abweichungen und Unregelmäßigkeiten. Sie wechseln oft sehr in ihrer Dicke (Mächtigkeit), biegen sich oder verzweigen sich in mehre Spalten („zerschlagen sich in Trümer"). Diese Unregelmäßigkeit der Form, mit der sie oft die feste Erdkruste durchdringen („durchsetzen"), hat auch zu der Benennung Adern („Erzadern") Veranlassung gegeben, indem man sie den Adern im thierischen Körper verglich, denen sie freilich insofern gar nicht gleichen, als sie nie röhrenförmig gestaltet, sondern wie alle Spalten stets flächenartig ausgebreitet sind. Unausgefüllte oder nur theilweise und nur mit Thon ausgefüllte Gangspalten pflegt man „Klüfte", auch wol „Lettenklüfte", „faule oder taube (d. h. erzleere) Klüfte" zu nennen. Die Gesteinsmassen, welche einen Gang zu beiden Seiten einschließen, nennt man sein „Nebengestein", und wenn der Gang nicht senkrecht, sondern schräg steht, auf der obern Seite „Hangendes" auf der untern „Liegendes". Die horizontale



Richtung der Gangfläche wird sein „Streichen" genannt, und die steilste Richtung in seiner Ebene das „Fallen".

Die Gänge durchsetzen das Nebengestein oft ganz ohne Rücksicht auf dessen eigne Textur und Begrenzung, während sie in anderen Fällen allerdings gewissen Texturflächen, z. B. denen der Schieferung oder der Schichtung, oder auch den Grenzflächen zweier Gesteine folgen. Die der Schieferung oder der Schichtung parallelen Gänge nennt man „Lagergänge", die auf der Grenze zweier Gesteine fortsetzenden „Contactgänge" (siehe vorhergehende Figur). Wenn in einer Gegend viele Gänge miteinander gruppirt sind, so entstehen dadurch, wenn sie untereinander ziemlich parallel sind, „Ganggzüge", wenn sie aber einander nach vielen Richtungen hin durchschneiden und durchsetzen, „Gangnetze" oder „Trümmerstöcke".

Wo irgend zwei Gänge einander durchschneiden, da bilden sie ein Gangkreuz, welches man „Winkel- oder Schaarkranz" nennt (siehe a und b der nächsten Figur), je nachdem der Durchschneidungswinkel sich einem rechten nähert, oder sehr spitz ist. Wenn bei einem solchen „Gangkreuz" der eine Gang den andern durchschneidet, so sagt man, er „durchsetzt" ihn (siehe die nächste Figur bei a). Es versteht sich von selbst, daß der durchsetzende Gang allemal jünger sein muß, als der durchsetzte, da er in demselben eine Spalte ausfüllt, während dagegen zwei Gänge, die sich kreuzen, ohne daß einer

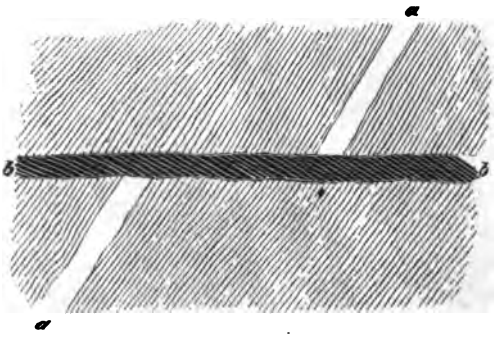


a Winkelkreuz und Durchsetzung, b Schaarkreuz ohne Durchsetzung.

den andern durchsetzt (siehe bei b), nothwendig von gleichem Alter sein müssen. Außer diesen gewöhnlichen Kreuzungen der Gänge gibt es nun auch noch mit „Schleppung und Verwerfung" verbundene. Man sagt nämlich: „ein Gang schleppt den andern", wenn er ihn beim Zusammentreffen aus der ursprünglichen Richtung ablenkt

Der Gang a schleppt den Gang b.

und ein Stück parallel neben sich fortzieht (siehe vorhergehende Figur), und eine „Verwerfung" wird es genannt, wenn bei dem Aufreißen der neuern (den ältern Gang durchsetzenden) Gangspalte die eine Spaltenwand um etwas nach oben, nach unten, oder nach der Seite verschoben worden ist, sodaß nun die beiden Hälften des durchsetzten Ganges nicht mehr genau aufeinander passen (s. nebenstehende Fig.).



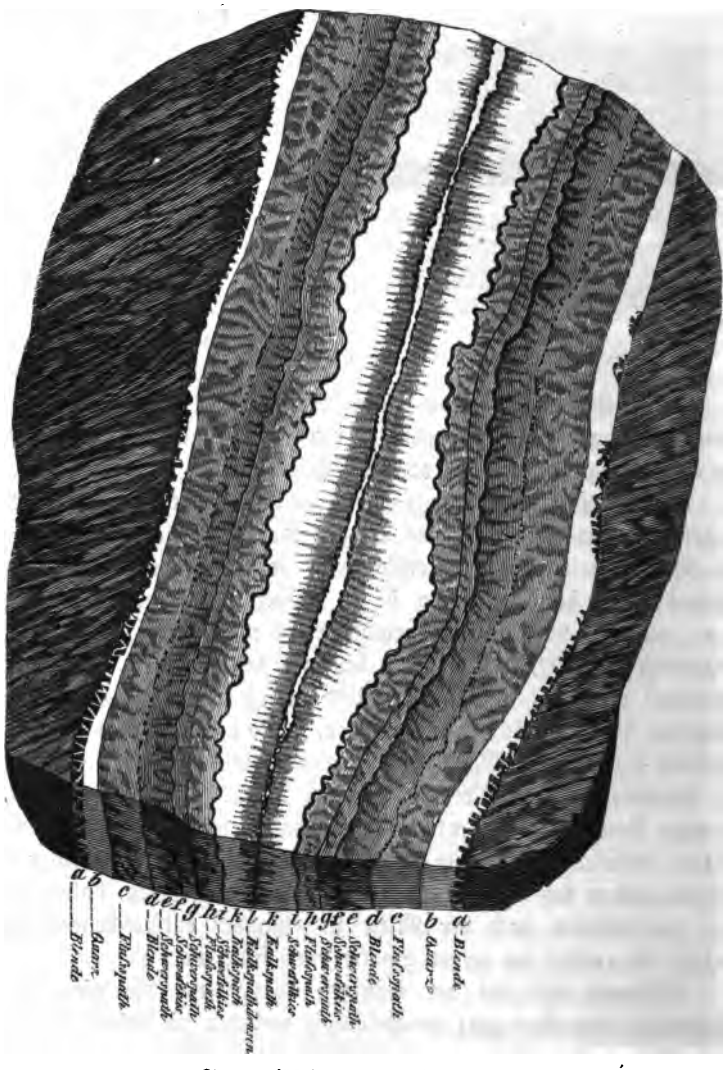
Der Gang a ist durch den Gang b verworfen.

Diese Erläuterung von Erscheinungen, die an Gängen und namentlich an Erzgängen beobachtet werden, glaubte ich vorausschicken zu müssen, damit der Leser das Nachfolgende leichter verstehe.

Die Ausfüllung der Erzgänge zeigt keineswegs immer eine den anderen Gesteinen entsprechende Textur. Nur sehr selten sind in ihnen die Bestandtheile körnig, porphyrartig oder dicht miteinander verbunden; weit häufiger liegen sie in größeren unregelmäßigen Partien „massig" in- und nebeneinander oder sie sind „lagenförmig" angeordnet der Art, daß von den beiden Spaltenwänden, den „Saalbändern" des Ganges, nach der Mitte zu sich immer zu beiden Seiten dieselben Mineralschichten wiederholen. Man nennt dies die symmetrisch lagenförmige Gangstructnr, und sie wird sich am besten durch die folgende Zeichnung deutlich machen lassen. Es ist diese lagenförmige Gangstructur offenbar dadurch entstanden, daß die einzelnen Lagen nacheinander und aufeinander gebildet wurden, und zwar zuerst die beiden sich entsprechenden an den Spaltenwänden, dann jedesmal die nächsten nach der Mitte zu einander entsprechenden zwei Lagen, bis endlich die ganze Spalte ausgefüllt war.

Während also bei der massigen Gangtextur die metallischen Mineralien oder Erze ganz unregelmäßig zwischen die nichtmetallischen oder sogenannten „Gangarten" vertheilt sein können, sind dieselben bei der lagenförmigen Structur oft in einzelne Schichten vertheilt, welche den Spaltenwänden parallel mit anderen nichtmetallischen Mineralschichten wechseln. Aber auch in diesen Gängen, wie in denen

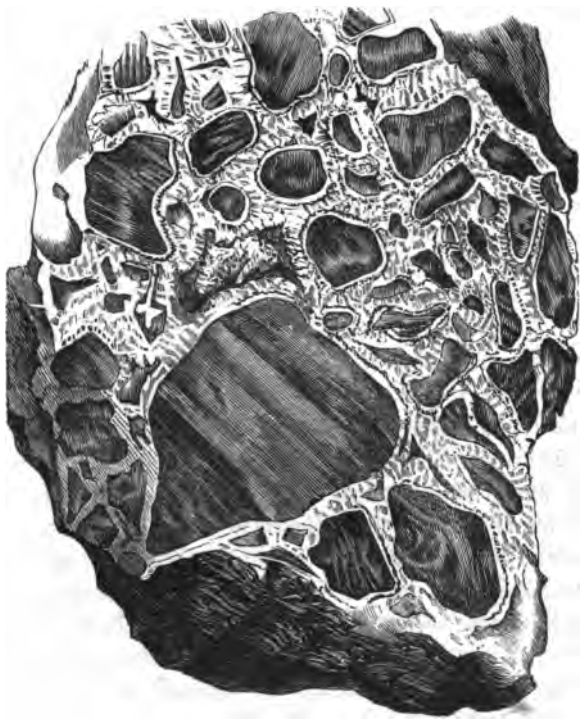
mit massiger Textur, sind nicht alle Regionen erzhaltig oder gleich reich an Erzen, vielmehr wechseln in der Regel sogenannte „taube



Symmetrisch lagenförmige Gangstructur

Mittel" mit erzhaltigen oder erzreichen (Erzfällen, Erzmitteln, Erznestern) ab.

Außer den in den Spalten selbst gebildeten Mineralien und Erzen enthalten nun viele Gänge auch noch größere oder kleinere Fragmente des Nebengesteins, welche bei dem Aufreißen der Spalte losgebrochen und auf irgend eine Weise darin hängen geblieben sind. Dadurch wird dann die Gangausfüllung oft breccienartig. Manchmal sind diese Bruchstücke auch wol von krystallinischen Mineralzonen glorienartig umgeben, in welchem Falle die Textur „Sphärentextur" genannt worden ist. Die folgende Figur zeigt ein sehr deutliches Beispiel dieser Art von der Grube Christbescheerung bei Frei-



Ein Stück Sphärengestein aus dem Peter stehenden Gang bei Freiberg.

berg. Die Bruchstücke sind in diesem Gangtheil Glimmerschiefer; die sie einhüllende krystallinische Masse besteht aus Quarz mit etwas Schwefelkies.

Die Erze, welche man in Erzgängen zu finden und aus ihnen bergmännisch zu gewinnen pflegt, sind nun ganz besonders folgende:

Magneteisenstein, Rotheisenstein, Brauneisenstein, Spatheisenstein, Manganerz, Zinnerz, Bleiglanz (oft silberhaltig), weiß, grün und gelb Bleierz, Blende (oft silberhaltig), Schwefelkies (zuweilen silber- oder goldhaltig), Kupferkies, Buntkupfererz, Kupferglanz, Fahlerz (silberhaltig), Malachit, Kupferlasur, gediegen Kupfer, Arsenkies (zuweilen silber- oder goldhaltig), gediegen Arsen, Kobaltkies, Speiskobalt, Nickelkies, Rothgiltigerz, Weißgiltigerz, Burnonit, gediegen Silber, gediegen Gold, gediegen Quecksilber, Amalgam, Zinnober u. s. w. Die anderen Mineralien („Gangarten") sind namentlich: Quarz, Kalkspath, Braunspath, Manganspath, Schwerspath, Flußspath, Chlorit, Glimmer, Amphybol, Pyroxen, Granat, Apatit, Steinmark u. s. w. Es sind das also meistentheils ganz andere Mineralien als die, welche in den krystallinisch gemengten Gesteinen aufzutreten pflegen und viel mehre. Aber nicht alle diese metallischen oder nicht metallischen Mineralien findet man in einem Gange beisammen, sondern immer nur eine gewisse Auswahl derselben der Art, daß auch diese Mineralvereinigungen nicht ganz zufällig und ungesetzmäßig erscheinen. So finden sich z. B. die Silber- und Bleierze vorzugsweise zusammen mit Quarz, Kalkspath, Braunspath, Manganspath und Flußspath (z. B. bei Freiberg), die Golderze mit Quarz (z. B. in den Salzburger Alpen), die Zinnerze mit Quarz, Glimmer, Wolfram und Apatit (z. B. bei Zinnwald und Ehrenfriedersdorf in Sachsen), das Magneteisenerz mit Pyroxen, Granat u. s. w. (z. B. bei Schmiedeberg am Thüringer Walde). Ferner zeigen sich die einzelnen Mineralien nicht unregelmäßig durcheinander geworfen, sondern fast stets in bestimmter Weise auf- und übereinander krystallisirt der Art, daß man erkennen kann, welches zuerst und welches später gebildet wurde. Besonders häufig sind in den Gängen auch Drußenräume, unregelmäßige Höhlungen, deren Wände ganz mit Krystallen irgend eines oder mehrer Mineralien bedeckt sind. Und auch da sind es immer wieder gewisse Mineralien, welche vorzugsweise in den Drußen auftreten, während andere fast nur in der compacten Gangmasse gefunden werden.

Auch die Art und Textur des Nebengesteins ist keineswegs ohne Einfluß auf die Mineralien und Erze, welche in den Gängen auftreten. Wenn ein Gang mehre Gesteinsarten durchsetzt, so zeigt er oft zwischen den einzelnen eine ungleiche Beschaffenheit, eine verschiedenartige Zusammensetzung aus Mineralien und Erzen, was

natürlich für den praktischen Bergmann von sehr großer Wichtigkeit ist. Aber nicht nur die Natur der Gänge ist in gewissem Grade vom Nebengestein abhängig, sondern es hat auch die Bildung der Gänge einigermaßen auf das Nebengestein zurückgewirkt. Es sind dadurch in der Nähe derselben Veränderungen, Zersetzungen, Färbungen oder Impregnationen des Nebengesteines (mit gewissen Mineralien oder Erzen) hervorgebracht worden. Manchmal ist sogar das mit Erzen impregnirte Nebengestein der Gänge selbst „abbauwürdig".

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Erzgänge unter allen Erzlagerstätten die bergmännisch wichtigsten sind, und das ist der Grund, warum ich gerade bei ihnen besonders lange verweile und auch über ihre Entstehungsweise noch einige Bemerkungen anfüge. In dieser Beziehung sind zu unterscheiden: die Entstehung der Gangspalten und ihre Ausfüllung. Beide Vorgänge können möglicher Weise von ganz verschiedenen Ursachen herrühren und in sehr ungleiche Zeiten fallen.

Die Bildung der Spalten ist ein durchaus mechanischer Vorgang, der aber wieder sehr verschiedenartig bewirkt worden sein kann. Man hat die Gangspalten zu erklären gesucht durch Austrocknen des Gesteines, durch einseitige Freilegung, z. B. bei Thalauswaschung, wodurch eine Losziehung der Thalgehänge von der dahinter befindlichen Bergmasse bewirkt wurde, und durch mancherlei ähnliche Umstände. Es ist auch nicht unmöglich, daß einzelne Gangspalten auf solche Weise gebildet worden sind; bei weitem die meisten tragen aber ganz den Charakter von Erschütterungsspalten an sich, wie sie noch jetzt zuweilen durch Erdbeben in der festen Erdkruste hervorgebracht werden. Namentlich stimmt damit der häufige Parallelismus vieler gegenseitig benachbarter Gangspalten überein, der sich gerade so auch bei den Erdbebenspalten zeigt. Auch hat man bei Erdbebenspalten ganz ähnliche Verschiebungen und Verwerfungen beobachtet, wie bei den Erzgängen. Es ist darum in hohem Grade wahrscheinlich, daß die meisten Gangspalten durch erdbebenartige Erschütterungen hervorgebracht sind.

Wie wurden sie nun aber ausgefüllt? — Von oben, von unten oder von den Seiten her? Durch wässrige oder heißflüssige Solutionen? Das sind Fragen, welche die Geologen und Bergleute vielfach beschäftigt haben, und welche noch nicht als vollständig gelöst zu betrachten sind. Es unterliegt keinem Zweifel, daß diese

Ausfüllungswege und Arten alle möglich sind, ja es ist sogar sehr wahrscheinlich, daß es wirklich Gangausfüllungen von jeder dieser Arten gibt, und daß sogar zuweilen in einem und demselben Gange mehre Ausfüllungsarten nacheinander thätig gewesen sind. Es kommt daher hauptsächlich darauf an, für die einzelnen Fälle die besondere Bildungsweise zu erkennen, und dann zu ermitteln, welcher Ausfüllungsweg bei gewissen Classen von Gängen der vorherrschende ist.

Die Ausfüllung von oben (Descensionstheorie) wurde namentlich von Werner behauptet, er hielt alle Gänge für nur von oben ausgefüllt und zwar durch Ablagerungen aus Wasser ganz in der Art, wie alle Flötzformationen Ablagerungen aus Wasser seien. Daß für die Hauptmasse der meisten Erzgänge eine solche Ausfüllungsweise nicht stattgefunden haben könne, ist längst erwiesen worden. Dennoch bleibt es unzweifelhaft, daß auch in manchen Erzgängen einige Bestandtheile durch Wasser von oben eingeführt sein können, nur jedenfalls in einer ganz andern Weise, als Werner es voraussetzte, und in sehr untergeordnetem Grade.

Die Annahme, daß die Bestandtheile der Erzgänge von der Seite her eingeführt seien, hat man Lateralsecretionstheorie genannt. Dieselbe setzt voraus, es seien die Bestandtheile der Gänge ganz oder größtentheils früher im Nebengestein vertheilt vorhanden gewesen, aus diesem aber ausgelaugt oder ausgeschieden und in den Spaltenräumen concentrirt worden. Die Auflösung und der Transport der Bestandtheile soll dabei wesentlich durch Wasser bewirkt worden sein, nach Einigen vielleicht unter Mitwirkung galvanischer Ströme. Auch hier ist wieder unverkennbar und recht gut nachgewiesen, daß wirklich gewisse Bestandtheile auch in Erzgängen (noch deutlicher aber in manchen anderen Mineralgängen) aus dem Nebengestein herrühren, aus diesem gleichsam auskrystallisirt sind. Aber ebenso sicher ist es, daß der größere Theil des Materials der meisten Erzgänge nicht aus dem unmittelbaren Nebengestein herrührt, sondern vor seiner Ablagerung einen ziemlich weiten Weg durch die Spalte, welche jetzt der Gang ausfüllt, zurückgelegt hat.

Die Ascensionstheorie endlich, welche die Ausfüllung der Erzgänge durch Emporsteigen des Ausfüllungsmaterials aus der Tiefe erklärt, nimmt an, dasselbe sei entweder im heißflüssigen Zustande oder in Wasser gelöst (in warmen mineralhaltigen Wasser) oder auch in Dampfform aus der Tiefe, aus dem Erdinnern — ge-

kommen. Hiernach ist diese Erklärungsweise wieder eine dreifache und es ist allemal für den einzelnen vorliegenden Fall zu entscheiden, ob man es mit einer heißflüssigen Injection, mit einer Ablagerung aus heißem Wasser, oder mit einer Sublimation aus Dämpfen zu thun hat. Alle drei Bildungsarten scheinen in der That an Erzgängen nachweisbar, zuweilen getrennt voneinander, zuweilen als der Zeit nach aufeinander folgend in demselben Gange und sogar auch wol noch mit einer der vorher erwähnten Bildungsweisen verbunden.

Die Mehrzahl der Erzgänge, namentlich die, welche, wie z. B. die Freiberger, vorzugsweise aus Quarz, Kalkspath, Braunspath, Schwerspath, Flußspath und Schwefelmetallen bestehen, scheint allerdings in der Hauptsache durch Ablagerung aus mineralhaltigen warmen Gewässern entstanden zu sein, welche in der Tiefe sich immer wieder aufs Neue mit Mineralsubstanzen schwängernd lange Zeit in den Zerspaltungen circulirten und dabei die ausfüllenden Mineralien ablagerten. Einige andere indessen, in denen sich Pyroxen, Amphybol, Granat, Feldspath u. s. w. als Gangarten finden, tragen das Gepräge gewaltsamer Einspritzung (Injection) in heißflüssigem Zustande an sich, während nur spätere Wassercirculation allerlei Veränderungen in denselben hervorgebracht zu haben scheint, und an noch anderen bemerkt man deutliche Spuren von Sublimation oder von Secretion aus dem Nebengestein, von Sublimation z. B. an Eisenglanzgängen, von Secretion an Fasergyps und Kalkspathadern, in Gyps und Kalkstein.

So scheint es demnach, daß die Erzgänge in ihrer Totalität auf eine sehr ungleiche Weise gebildet worden sind.

Ihre Bildung gehört übrigens wahrscheinlich zu den noch fortdauernd, aber für manche Classen derselben nur in großer Tiefe unter der Oberfläche stattfindenden geologischen Processen, also zu den sogenannten plutonischen Bildungsvorgängen. Wenn wirklich ihre Bildung von der ersten Existenz einer starren Erdkruste an bis jetzt, aber für einige Arten derselben stets nur in großer Tiefe stattgefunden hat, so erklärt sich dadurch der Umstand, daß man die Gebirgsmassen durchschnittlich um so häufiger von Erzgängen durchsetzt findet, je älter sie sind. Denn je länger sie, eben wegen ihres hohen Alters, diesem fortdauernd, nur mit wechselnder Localität und Energie stattfindenden Gangbildungsproceß ausgesetzt waren, um so häufiger können sie natürlich auch davon betroffen worden sein. Darum sind

die krystallinischen Schiefergesteine besonders häufig von Erzgängen durchsetzt, nach ihnen die Grauwackenbildungen und die ältesten Eruptivgesteine, dann die mittleren Flötzformationen und die Eruptivgesteine mittlern Alters, und am seltensten die neuesten Flötzbildungen, sowie die basaltischen Gesteine und die neuen Laven. Die letzteren sind meist gar nicht bis zu so großer Tiefe unter ihre ursprüngliche Oberfläche aufgeschlossen, daß man darin die Arten von Erzgängen erwarten könnte, deren Bildung vorzugsweise an eine große Tiefe gebunden ist. In ihnen kann man nur die der Oberfläche zunächst stattfindenden Gangausfüllungen zu sehen hoffen, und das sind namentlich gewisse Eisensteingänge, die sich auch wirklich gerade in diesen Gesteinen vorfinden.

Noch eine für den Bergmann wichtige Erfahrung ist die, daß sich Erzgänge vorzugsweise nur da vorfinden, wo die ursprünglichen Lagerungsverhältnisse der Gesteine durch spätere Emportreibungen gestört und wo dadurch einst tiefer liegende Regionen an die Oberfläche hervorgerückt sind, das ist also vorzugsweise in Gebirgen und in der Nähe der Durchbrüche alter Eruptivgesteine. Auch diese Erfahrung ist völlig im Einklang mit der versuchten Erklärung ihrer Entstehung.

Umstehende Figur zeigt uns in dem etwas dunkler schattirten Streifen einen Erzgang, wie er sich in der Grube „Vor Ort" ausnimmt.

2) Die Erzstöcke sind unregelmäßig oder unbestimmbar gestaltete Gesteinsmassen, in denen irgend ein metallisches Mineral — oder mehre (also Erze) — eingesprengt oder als so wesentlicher Bestandtheil auftritt, daß sie dadurch Gegenstand bergmännischer Gewinnung werden können. Auf diese Weise findet man ziemlich häufig die Grünsteine mit so viel Magneteisenerz verbunden, daß sie stellenweise vorherrschend oder ganz aus demselben bestehen. Granite und einige ihnen verwandte Gesteine, wie Greißen nnd Schörfels, enthalten sehr häufig Zinnerz eingesprengt. Ebenso finden sich zwischen den Schichten mancher Kalksteinformationen große unregelmäßige Klumpen — sogenannte liegende Stöcke — von Eisenstein, Galmei und Bleiglanz, daß man die ganze Masse mit großem Vortheil abbauen und verschmelzen kann.

Die ersteren oder sogenannten stehenden Stöcke hält man meist für eruptiv oder vielmehr injectiv, d. h. man glaubt, daß sie in großer

Tiefe im heißflüssigen Zustande zwischen die umgebenden Gesteine eingedrungen und später nach ihrer Erstarrung durch Erhebung und Zerstörung ihrer Bedeckung frei gelegt worden sind. Auch Kupfererze und Spatheisenstein finden sich auf ganz ähnliche Weise. Als Bei-

Erzgang in der Grube „Vor Ort".

spiele können genannt werden der Magnetberg Katschkanas am Ural, die Magneteisensteinmassen bei Fossum und Arendal in Norwegen, sowie die bei Orpus im böhmischen Erzgebirge, welche letztere jedoch vielleicht schon zu den Gängen gerechnet werden müssen; auch der Kupfererzstock von Fahlun in Norwegen. Die zinnerzhaltigen Greißen-

stöcke bei Altenberg und Zinnwalde im Erzgebirge gehören hierher, wie sehr viele andere.

Die liegenden Stöcke zwischen deutlich aus Wasser abgelagerten Gesteinen, wie z. B. die Eisenstein-, Bleiglanz-, und Galmeistöcke im Muschelkalk bei Tarnowitz in Schlesien, und die ähnlichen im Kohlenkalkstein des Ruhrthals, gehören dagegen zu den noch sehr räthselhaften Erscheinungen, für die bisher noch keine ganz befriedigende Erklärung gefunden worden ist. Auch Manganerze kommen zuweilen auf diese Weise vor.

3) Die Erzlager sind der Schichtung oder Schieferung parallele Einlagerungen in andere Geisteine, welche eine solche Beschaffenheit zeigen und daß sie sich dadurch als gleichzeitige Bildungen, gewöhnlich als Ablagerungen aus Wasser zu erkennen geben. Sie können leicht mit den Lagergängen verwechselt werden, und umgekehrt. Läßt sich die Gleichartigkeit ihrer Bildung mit dem Nebengestein — der „Sohle" und dem „Dach" — nachweisen, so sind es wahre Lager; läßt sich aber aus einzelnen Umständen, z. B. aus eingeschlossenen Bruchstücken oder aus gangförmigen Verzweigungen (Ramificationen oder Ausläufern, vergl. die Figur auf Seite 177) deutlich erkennen, daß sie erst später zwischen das umgebende Gestein hinein kamen, so hat man sie als Lagergänge zu betrachten, welche nur deshalb der Schichtung oder Schieferung des Gesteins parallel erstreckt sind, weil dasselbe in dieser Richtung am leichtesten spaltete.

In Form von Lagern findet man besonders folgende Erze in den dabei bemerkten Schicht- oder Schiefergesteinen. 1) Raseneisenstein als ganz neue Bildung an der äußern Erdoberfläche. 2) Brauneisenstein, in der Nummulitenformation, im Quadersandstein, im Wielden, in der untern Abtheilung der Juraformation als Eisenrogenstein, im bunten Sandstein, im Rothliegenden, in der Grauwacke, im Glimmerschiefer und im Gneiß. 3) Rotheisenstein in krystallinischen Schiefern. 4) Magneteisenstein in krystallinischen Schiefern. 5) Thoneisenstein (Sphärosiderit) in der Braun- und Steinkohlenformation. 6) Eisenkies in krystallinischen Schiefern. 7) Kupferschiefer in der Zechsteinformation. 8) Quecksilbererze zwischen Kalksteinen und Mergelschiefern, auch im Glimmerschiefer.

Die Bildung dieser Erzlager ist nur zum Theil erklärt, zum Theil aber noch sehr problematisch. Raseneisenstein entsteht durch einen Niederschlag aus eisenhaltigen stagnirenden Gewässern, namentlich in

sumpfigen Gegenden, wo organische Körper verwesen. Aehnlichen Ursprung können vielleicht auch einige der anderen älteren Eisensteinlager haben, während sie später mancherlei Umwandelungen erlitten. Aber die Bildungsweise des Kupferschiefers und der Quecksilbererzlager ist z. B. noch sehr räthselhaft. Mit dem ersteren zusammen finden sich eine Menge versteinerter Fische unter solchen Verhältnissen, daß man daraus geschlossen hat, sie müßten eines plötzlichen Todes gestorben sein. Darauf gründet sich die Vermuthung, der Metallgehalt des Kupferschiefers sei etwa durch Zerspaltungen des Bodens in ein Meeresbecken eingeströmt, in welchem Ablagerungen von Mergelschlamm stattfanden, und dadurch seien gleichzeitig die Erzbildungen bedingt und die vorhandenen Fische vergiftet worden und deshalb in so großer Zahl mit gekrümmten Körpern zur Versteinerung gekommen. Aber das ist nur Hypothese.

Zu den Lagern gehören auch noch die sogenannten Seifenlager, welche aus losen Gesteinsanhäufungen, Sand, Kies, Schutt, Gerölle u. s. w. bestehen, in die metallische Theile eingemengt sind. Die Metalltheile befinden sich in ihnen nicht auf ursprünglicher, sondern auf secundärer Lagerstätte, d. h. sie entstanden ursprünglich unter anderen Verhältnissen, als die sind, unter denen sie sich vorfinden, namentlich in Gängen oder Stöcken. Das sie auf irgend eine Art ursprünglich einschließende Gestein wurde von seiner Oberfläche aus zerstört und theilweise weggeschwemmt, wobei dann die Metall- oder Erztheile als schwerer, entweder mit einigen Ueberresten (Schutt) des Gesteins an Ort und Stelle liegen blieben, oder vom Wasser etwas, aber nicht so weit, mit fortgeführt wurden, als der größere Theil des Gesteinsmaterials. Danach lassen sich wieder zwei Arten von Seifenlagern unterscheiden, erstens solche, in welchen die Metalltheile nur ausgewaschen, aber nicht, oder gar nicht weit fortgeschwemmt sind, und zweitens solche, in welchen sie zugleich eine beträchtliche Strecke von dem Orte ihrer Auswaschung fortgespült wurden. Die ersteren sind charakterisirt durch den schuttartigen, nicht abgerundeten und verwitterten Zustand des einschließenden Materials, die letzteren durch feinen Sand oder abgerundete Geschiebe, mit denen sie sich verbunden zeigen. Bei beiden hat gewöhnlich eine Concentrirung der metallischen Theile stattgefunden, ähnlich der, welche durch den sogenannten Wäsch- oder Aufbereitungsproceß der Bergleute künstlich hervorgebracht wird, es sind die Zerstörungsproducte der ursprünglichen Felsmasse einigermaßen

nach ihrer specifischen Schwere gesondert und geordnet, und man findet darum die schweren Erztheilchen, die vorher sehr zerstreut gewesen sein können, miteinander vereinigt. Dieser Umstand, sowie die Lockerheit der einhüllenden Massen erleichtert die Gewinnung der Metalle oder Erze aus Seifenlagern ganz außerordentlich. In vielen Fällen würde dieselbe ohne diesen vorausgegangenen natürlichen Zerstörungsproceß gar nicht mit Vortheil möglich sein. Bei der Gewinnung pflegt man den natürlichen Sonderungsproceß in gesteigertem Grade nachzuahmen, d. h. man sucht immer wieder die leichteren Theile von den schwereren durch Wasser abzuschwemmen. Dies nennt man auswaschen oder ausseifen, und daher die Benennung Seifenlager oder Seifengebirge, Goldseifen, Zinnseifen u. s. w. Auch viele Orte in Gebirgsgegenden haben dadurch ihre Benennung erhalten, z. B. mehre Städte, welche den Namen Seifen führen.

Auf diese Weise, in solche Seifenlager eingeschlossen, kennt man besonders Gold, Platin, Zinn, Magneteisenerz und Diamanten. Also gerade die edelsten weil am schwersten zerstörbaren und zum Theil specifisch sehr schweren Metalle und Edelsteine werden ganz vorzugsweise aus Schutt, Sand und Schlamm ausgegraben und ausgewaschen. Das Platin wird bis jetzt nur in Seifenwerken gewonnen, das Gold vorherrschend, d. h. die berühmtesten und reichsten Goldgruben sind Seifenwerke, so die am Ural und Altai, in Aschanti (an der Goldküste), in Australien und Californien. Diamanten, die wir hier ausnahmsweise bei den Metallen mit erwähnt haben, gewinnt man ebenfalls nur aus Sand und Schlammschichten (in Brasilien, Ostindien und Sibirien), während man sie allerdings neuerlich in Brasilien auch im Muttergestein anstehend entdeckt hat.

Das Zinn wurde früher sehr viel aus Seifenwerken ausgewaschen, so im Erzgebirge, im Fichtelgebirge, in Cornwall und auf der Insel Banka, während es neuerlich überhaupt weniger und vorzugsweise aus dem Gestein selbst oder aus Gängen gewonnen wird.

Nach diesen verschiedenen Arten des Metallvorkommens zerfallen nun auch die bergmännischen Gewinnungsarten der Erze in sehr verschiedene, namentlich in den Stockwerksbau oder Pfeilerbau (bei stockförmigen Erzmassen), in den Strecken-, Försten- und Stossenbau (auf Gängen), in den Strecken- und Pfeilerbau (auf Lagern), in den Tageabbau auf Stöcken, Raseneisenstein und Seifenlagern, bei letzteren oft verbunden mit großartigen Auswaschungen.

Wenn wir nun aber hier zuletzt noch mit Bestimmtheit angeben sollten, woher eigentlich die Metalltheile in diesen verschiedenen Erzlagerstätten stammen, so würden wir dadurch in große Verlegenheit gerathen. Wir könnten nur antworten: die meisten sehr wahrscheinlich aus dem Erdinnern; aber in welcher Weise sie dort vorhanden sind, das weiß zur Zeit wol noch kein Geolog. Manche Metalle, wie z. B. das Eisen, sind aber auch in kleinen Theilen so häufig in fast allen Gesteinen fein vertheilt vorhanden, daß es nur einer Concentrirung dieser vertheilten Atome, etwa durch Wasser bedarf, um eine Erzlagerstätte daraus herzustellen.

IX.

Die Kohlenlager.

Wichtigkeit der Kohlenlager. — Vegetabilischer Ursprung derselben. — Steinkohlen. — Deren Lagerung. — Mächtigkeit und Verbreitung. — Braunkohlen. — Deren Lagerung. — Unterschiede zwischen Stein- und Braunkohlen. — Entstehung der Stein- und Braunkohlen. — Durch Torfbildung. — Durch Zusammenschwemmung von Pflanzenresten. — Durch Meerespflanzen. — Pflanzenformen der Steinkohlenbildungszeit. — Pflanzenformen der Braunkohlenbildungszeit. — Umwandlungsreihe der Kohlen. — Zur Kohlenbildung nöthige Zeiträume. — Winke über Aufsuchung von Kohlenlagern.

In der Reihe der geschichteten Gesteinsablagerungen der festen Erdkruste finden sich auch brennbare Mineralien, Stein- und Braunkohlen. Wo man angefangen hat sie zu benutzen, da haben sie einen unermeßlichen Einfluß geübt auf den Anbau und die Industrie der Gegend. — Hunderte von hohen dampfenden Essen und Fabrikgebäude der verschiedensten Art pflegen solche Gegenden zu bezeichnen, in denen man Ueberreste von Pflanzen als Brennmaterial benutzt, die vor vielen Jahrtausenden gewachsen sind. Die hohe Wichtigkeit der fossilen Kohlenlager für das praktische Leben fordert um so mehr auf, ihren Ursprung und die Art ihres Vorkommens näher zu untersuchen.

Daß diese Kohlenlager im Erdinnern von Pflanzen herrühren, ist unverkennbar. Nicht nur die deutlichen Pflanzenüberreste, welche als Abdrücke und Steinkerne darin vorkommen, beweisen es, sondern man kann auch in den Kohlen selbst durch geschickte Manipulationen oft noch die Ueberreste pflanzlicher Textur erkennen. Aber die Pflanzen, durch deren Anhäufung die Stein- und Braunkohlen gebildet worden sind, weichen nicht nur von den jetzt lebenden ab, sondern sie sind auch unter sich in den einzelnen Formationen, in welchen überhaupt

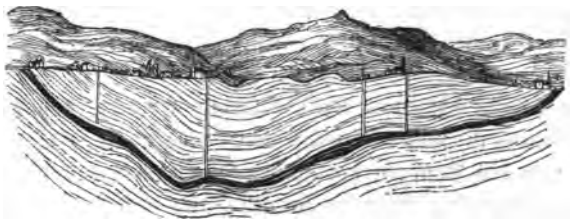


Fig. 1. Querſchnitt der Kohlenmulde bei Rive-de-Gier in Frankreich.

Kohlen gefunden werden, durchaus verſchieden. Die der Steinkohlenformation ſind ganz andere als die der Braunkohlenformation, jene ſind noch weit abweichender von den jetzt grünenden Formen, als dieſe.

Ob aber die Pflanzen, welche das Material zu dieſen wichtigen Bodenſchätzen geliefert haben, an Ort und Stelle wuchſen, oder ob ſie von entlegenen Punkten zuſammengeſchwemmt wurden, iſt eine nicht immer ſo leicht und nicht gleichmäßig für alle Kohlenvorkommniſſe zu entſcheidende Frage. Bei einigen läßt ſich freilich der eine oder der andere dieſer Vorgänge ziemlich deutlich nachweiſen, bei anderen aber bleibt vorläufig der Urſprung in dieſer Beziehung noch unentſchieden. Ehe wir jedoch auf dieſe Erörterungen weiter eingehen, wird es gut ſein, Einiges über die gewöhnliche Lagerungsweiſe der Kohlen zu ſagen.

Im mittlern Europa kennen wir vorzugsweiſe zwei Perioden der Kohlenbildung; aus der ältern rühren die Steinkohlen her, aus der neuern die Braunkohlen. Außerdem findet man an einigen Orten freilich auch noch Spuren von Kohlenflötzen, oder ſelbſt örtlich gewinnbare Kohlen in der Grauwacke, im Keuper, im Lias, im Wielden und im Quaderſandſtein. Sie ſind aber in ihrer Geſammtheit gegen jene als unerheblich zu betrachten, und ich werde deshalb vorzugsweiſe nur jene hier als charakteriſtiſche Beiſpiele für das Vorkommen der Kohlen in der feſten Erdrinde benutzen.

Die Steinkohlenbildung ruht, wie ſich von ſelbſt verſteht, ſtets auf älteren Geſteinen als ſie ſelbſt iſt, z. B. auf Grauwackenablagerungen, auf Thonſchiefer, Glimmerſchiefer, Gneiß, Granit oder dergleichen, und ihre nächſte Decke bildet in Deutſchland, da wo ſie überhaupt bedeckt iſt, ganz in der Regel das Rothliegende, welches gewöhnlich durch grobe Conglomerate von rother oder braunrother Färbung charakteriſirt wird. Dieſe rothen Conglomerate können des-

halb in Deutschland recht wohl als Anzeichen betrachtet werden, daß man in ihrer Nähe, d. h. unter ihnen, Steinkohlenbildungen zu vermuthen habe.

Sehr häufig hat man die Erfahrung gemacht, daß die Steinkohlenformation in muldenförmige Vertiefungen eingelagert ist, der Art, daß von den Rändern der ganzen Ablagerung aus die Schichten größtentheils nach der Mitte zu einfallen und dort folglich am tiefsten liegen. Zuweilen ist diese Form sogar an der äußern Bodenoberfläche erkennbar, wie z. B. bei Zwickau in Sachsen. Das ist aber durch-

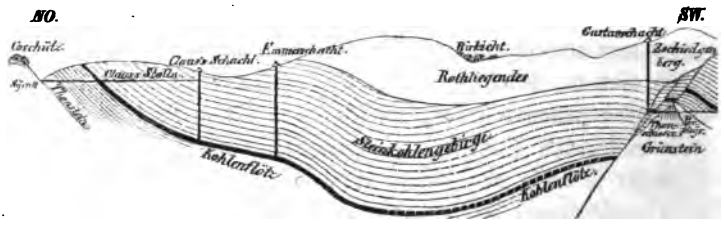


Fig. 2. Nordöstlicher Theil der Potschappeler Kohlenmulde.

aus nicht nothwendig und auch wirklich nicht immer der Fall. Die Muldenform kann vielmehr eine durchaus nur unterirdische sein, der Art, daß die Oberfläche über derselben sogar erhöht ist, wie die Fig. 1 und selbst die Fig. 2 gegebene Zeichnung eines Theiles der Potschappeler Kohlenmulde als Beispiele darstellen. Statt einer einfachen Schichtenmulde findet man oft auch eine zwei- und mehrfache (wie

Fig. 3. Querschnitt der doppelten Kohlenmulde bei St. Pierre-la-Cour in Frankreich.
G. Grauwacke. C. Conglomerat. St. Steinkohlenformation. t. Tertiärschichten.

Fig. 3), oder sehr starke wellenförmige Biegungen und Windungen aller Schichten (Fig. 4), auch wol Knickungen (Fig. 5), Zerreißungen und Verwerfungen, durch sogenannte Sprünge, Rücken und Wechsel

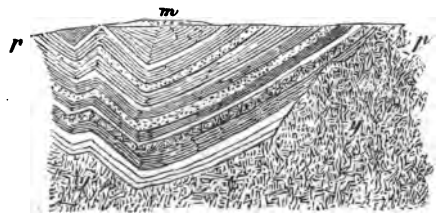


Fig. 4. Querſchnittt aus dem Kohlengebiet von Braſſac in Frankreich. y. Gneiß. p. Porphyr zwiſchen den Schichten der Kohlenformation. m. ein Glied der Molaſſengruppe.

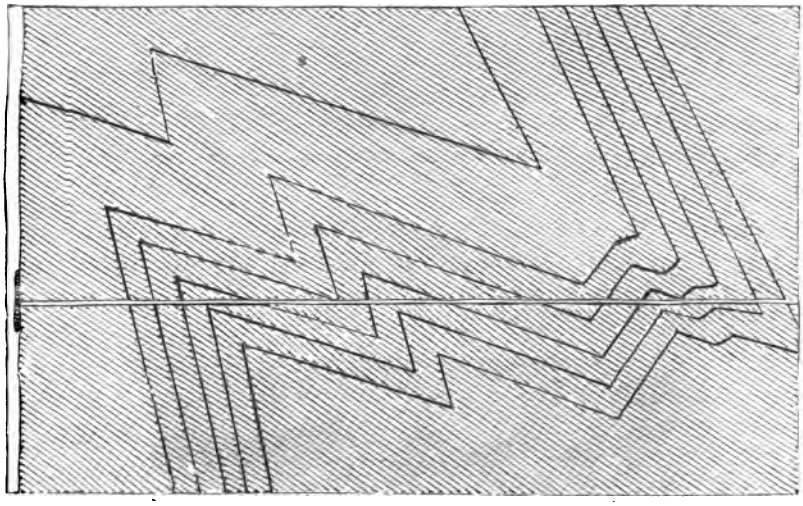


Fig. 5. Knickung der Kohlenlager bei Charleroi in Frankreich.

derſelben (Fig. 6 und 7), die dann allemal von ſpäteren Bewegungen durch plutoniſche Thätigkeit herrühren werden, von localen Hebungen oder Senkungen, von ſeitlichen Zuſammendrückungen, oder von wirklichen Geſteinsemportreibungen. Beſonders häufig findet man in Deutſchland die Steinkohlenablagerungen von Porphyren oder von Grünſteinen begleitet, die dann gewöhnlich theils älter theils jünger als die Kohlenablagerung ſind, theils von ihr überlagert werden, theils ſie durchſetzen. Aus dieſem häufigen Zuſammenvorkommen der Steinkohlen und der Porphyre ſchließt man, daß beide Bildungen in irgend einer urſachlichen Beziehung zueinander ſtehen, etwa der Art, daß eben durch das Emporbringen jener Geſteine gewiſſe damals

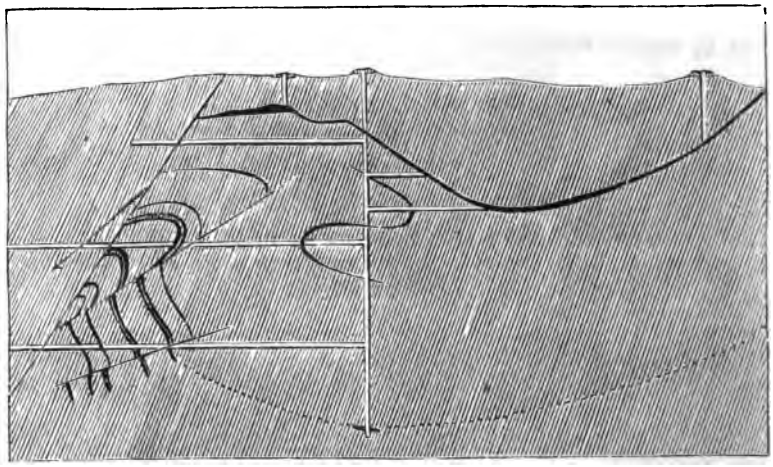


Fig. 6. Gebogene, zerriſſene und verworfene Kohlenlager bei Vieille-Pompe (Saone und Loire) in Frankreich.

vulkaniſche Gegenden über das Meeresniveau erhoben wurden und dadurch eine üppige Landvegetation geſtatteten, aus deren Ueberreſten die Kohlen gebildet ſind.

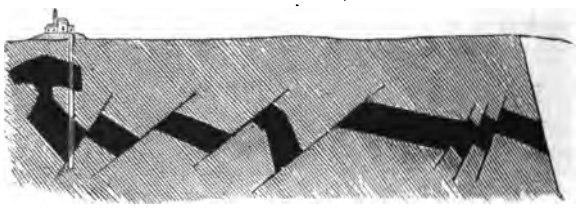


Fig. 7. Vielfach verworfenes Kohlenlager bei Vieille-Pompe in Frankreich.

In manchen Gegenden liegen aber auch die Steinkohlen auf große Strecken ſehr ungeſtört und faſt horizontal, ſo beſonders in England, weshalb die eben beſchriebenen Erſcheinungen keineswegs als allgemeine und nothwendige betrachtet werden dürfen.

Für die bergmänniſche Gewinnung der Kohlen ſind natürlich jene Störungen der Lagerung oft ſehr nachtheilig, die regelmäßige Fortführung der Grubenbaue wird dadurch häufig verhindert, es ſind auch wol die einzelnen Kohlenflötze dadurch ſowol in ihrer Mächtigkeit als in ihrer Qualität ungleich geworden. Beſonders findet man aber ſehr gewöhnlich die ſogenannten Ausgehenden der Kohlenlager,

d. h. die Theile derſelben, welche an die Oberfläche hervorragen, nicht nur dünner, ſondern auch von ſchlechterer Beſchaffenheit, als die tieferen Regionen, weshalb man ſich denn durch ſolche ſchlechtere Ausgehende nie abhalten laſſen darf, irgend ein Kohlenlager in größere Tiefe zu verfolgen, um erſt da zu unterſuchen, ob es gewinnungswürdig iſt, oder nicht.

Die Schichten, welche die Steinkohlenlager einſchließen, haben im Allgemeinen faſt überall eine ziemlich ähnliche Zuſammenſetzung und Beſchaffenheit, was wol daher rühren mag, daß die für die Kohlenablagerung nothwendigen Bedingungen überall ähnliche waren. Dieſe Schichten, aus welchen die ſogenannte Kohlenformation ganz vorherrſchend zuſammengeſetzt zu ſein pflegt, ſind graue Schieferthone und Sandſteine, ſogenannte Kohlenſchiefer und Kohlenſandſteine, beide außer ihrer vorherrſchend grauen Färbung gewöhnlich auch noch charakteriſirt durch Abdrücke von Pflanzen, beſonders von Farrenkräutern, Equiſetaceen, Lycopodiaceen und Stichmarien. Ein ſolcher Wechſel von grauen Schieferthonen und Sandſteinen bildet alſo die Hauptmaſſe der Steinkohlenformation, in demſelben finden ſich die

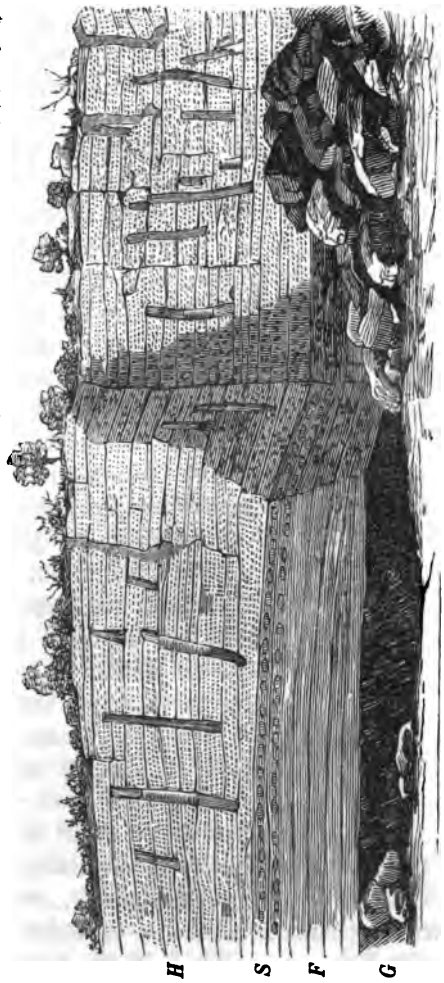


Fig. 8. Aufrechtſtehende Baumſtämme in dem Kohlenſandſtein bei Treuil in Frankreich.
H. Sandſtein. S. Kohlenſchiefer mit Thoneiſenſteinnieren. F. Kohlenſchiefer mit Pflanzenabdrücken. G. Steinkohle.

Kohlenlager, deren Zahl und Mächtigkeit an den einzelnen Localitäten sehr ungleich ist. Außer den Kohlen finden sich zwischen jenen Hauptgesteinen zuweilen aber auch noch Schichten von Thonstein, Thoneisenstein oder selbst Kalkstein; auch geht der Sandstein manchmal in Conglomerat über. Fig. 8. mag ein ungefähres Bild geben von der gewöhnlichsten Zusammensetzung der Kohlenformation; man muß nur diese Schichtreihe sich vielfach wiederholt übereinander denken, oft blos aus wechselnden Lagen von Schiefer und Sandstein bestehend; zugleich zeigt dieses Bild uns das interessante Vorkommen von aufrechtstehenden Baumstämmen in einer Sandsteinschicht. Ich sagte schon, daß die Zahl und die Mächtigkeit der Kohlenlager örtlich sehr verschieden sei. Aehnliches gilt von der horizontalen Verbreitung; einige Beispiele aus der Wirklichkeit mögen das noch mehr veranschaulichen. Die gewöhnliche Dicke (Mächtigkeit) der einzelnen Steinkohlenlager wechselt zwischen einigen Zollen und 20 Fuß, sie steigt jedoch in seltneren Fällen bis über 40 Fuß, namentlich kennt man bei Dombrowa im russischen Polen ein 42 Fuß mächtiges und über 7000 Fuß ohne Unterbrechung fortsetzendes Flötz, während eines der mächtigsten Kohlenlager Englands, welches 1851 vor dem Glaspalaste in seiner ganzen Dicke ausgestellt war, die thick coal von Staffordshire, mit allen seinen sogenannten Zwischenmitteln nur 29 Fuß Dicke erreicht. Bei Braunkohlenlagern kennt man weit größere Dicken: so hat man z. B. die Braunkohlen bei Zittau in Sachsen an einer Stelle über 180 Fuß mächtig erbohrt, nur leider in keiner sehr guten Beschaffenheit. Im Kohlenbecken des Departements du Lot trieb man einen Schacht in dem 25 bis 30 Grad geneigten Steinkohlenlager 72 Fuß tief nieder, ohne die Kohlen zu durchbrechen, und man vermuthet aus gewissen Umständen, daß jenes Lager stellenweise die ungeheure Mächtigkeit von 300 Fuß erreiche.

Kohlenschichten, deren Mächtigkeit nicht über 10 Zoll beträgt, zeigen selten viel Regelmäßiges in ihrer Erstreckung. Solche Verdrückungen, die keiner bestimmten Regel folgen, kommen, jedoch weniger häufig, auch bei stärkeren Kohlenlagern vor. Mächtige Flötze pflegen meist durch „Zwischenmittel", durch Schieferschichten oder Schalen (sogenannte Scheeren), in mehre Bänke von größerer oder geringerer Stärke, gleichsam in mehre Lagen, getheilt zu sein. Diese verschiedenen Bänke, bei deren Abbau die Zwischenmittel durchbrochen werden müssen, um von einer Kohlenlage zur andern zu gelangen,

haben bei weitem nicht alle die nämliche Beschaffenheit und Güte; das Auftreten reiner Kohle ist in vielen Fällen höchstens bis zu einer Stärke von 10 Fuß anzunehmen, auch werden in der Regel nicht sämmtliche Lager eines und desselben Gebietes bauwürdig befunden. Die Zahl einzelner Kohlenschichten in diesen und jenen Gegenden ist, wie gesagt, sehr ungleich; nur läßt sich, wie bereits bemerkt worden, als entschieden ansehen, daß die Kohlenschichten, was ihre Menge und Dicke betrifft, den Sandstein- und Schieferlagen meist sehr nachstehen. In der Kohlenmulde des Plauischen Grundes bei Dresden kennt man 3—4 Flötze, in der bei Zwickau 9, welche alle ihre verschiedenen Namen erhalten haben. Das Becken bei Dudley in Worcestershire zählt 11 Kohlenflötze: nur eins davon wird abgebaut, aber seine Mächtigkeit beträgt zusammen, die dünnen, sie durchziehenden Schieferschichten mitgerechnet, mehr als 30 Fuß. Bei New-Castle am Tynefluſſe finden sich 40 Kohlenlager übereinander, wechselnd mit Schiefern und Sandsteinen. Auch hier sind die meisten Kohlenschichten von so geringer Stärke, daß sie nicht abgebaut zu werden verdienen; man bearbeitet vorzüglich deren nur zwei, welche zwischen 6 und 7 Fuß Mächtigkeit haben. Die Kohlenformation der Gegend um Mons enthält, so viel man bis jetzt weiß, 115 bauwürdige Flötze, deren Stärke jedoch meist nicht bedeutend ist, da sie selten 3 Fuß erreicht. Die Kohlenformation auf der Südseite des Hundsrücks hat, mit den dasselbe begleitenden plutonischen Gesteinen, 7 bis 8 Stunden Breite und eine Längenerstreckung von 24 Stunden; es zählt gegen 164 Flötze, worunter freilich viele nur ganz schwach sind; die Summe ihrer Mächtigkeit beträgt 338 Fuß. Die so sehr bedeutende Ablagerung von Colebrooke-Dale, im westlichen England, hat nicht weniger als 135 Kohlenlagen, deren Gesammtmächtigkeit 500 Fuß beträgt. Ebenso ungleich als Mächtigkeit und Zahl der einzelnen Kohlenflötze ist nun aber auch die horizontale Ausbreitung der ganzen Gebiete. Die Kohlenmulde von Potschappel bei Dresden ist nur $2^1/_2$ (geograph.) Meilen lang und nicht ganz 1 Meile breit. Die Zwickauer Kohlenmulde kann, wenn man sie unter den Rothliegenden hinweg bis Hainichen als zusammenhängend betrachtet, auf 9 Meilen lang und 1 bis 2 breit geschätzt werden; das Gebiet am Hundsrück ist, wie wir oben sahen, 12 Meilen lang und 4 breit. Diese Ausdehnungen sind aber alle sehr gering gegen die einiger englischer Kohlengebiete, welche sich auf 15 bis 20 geogr. Meilen Länge und 5 bis 10 Meilen Breite an der

Oberfläche zusammenhängend verfolgen lassen, während ihre unterirdische Fortsetzung offenbar viel größer ist und wol auf 50 geographische Meilen geschätzt werden darf. Ganz England beschäftigt in mehr als 3000 Kohlengruben etwa 300,000 Menschen, und diese fördern jährlich etwa 1000 Millionen Centner Steinkohlen.

Noch weit größer aber sind die Flächenräume, welche von einigen der nordamerikanischen Kohlengebiete eingenommen werden. Das Pittsburger Flötz schätzt Rogers auf 100 Miles breit und 225 lang (etwa 14,000 Quadrat-Miles), das von Pennsylvanien, Ohio und Virginien 180 Miles breit und 720 lang (etwa 63,000 Quadrat-Miles); endlich hält Dale Owen den Flächenraum, welchen das Kohlengebiet von Illinois einnimmt, für nicht viel kleiner als ganz England. Außer den im Vorstehenden beiläufig genannten Localitäten kennt man echte Steinkohlen in Deutschland noch an den Rändern des Harzes und des Thüringer Waldes, in Schlesien, in Böhmen, bei Ibbenbühren, im Ruhrthal und bei Aachen. Im eigentlichen Süddeutschland, sowie in den Alpen sind nur geringe Spuren davon bekannt. In Italien, in Griechenland und in der Türkei, sowie in ganz Rußland und Skandinavien können sie nach den bisherigen Erfahrungen ebenfalls nur sehr untergeordnet und wenig verbreitet vorhanden sein; um so ausgebreiteter und mächtiger kennt man sie in Belgien und in vielen Theilen Frankreichs, in Schottland und Irland, auch scheint Spanien und Portugal keineswegs ganz arm daran zu sein.

Außerhalb Europa wurde Nordamerika als besonders durch Kohlenlager gesegnet bereits genannt. Aber auch in Neuholland und in Ostindien scheinen wahre Steinkohlen vorzukommen, wie man aus den sehr ähnlichen Versteinerungen schließen muß, welche mit denselben zusammen gefunden werden.

Weniger sicher ist das Formationsalter einiger anderer Steinkohlengebiete, die aber dennoch ihrer Natur nach hierher zu rechnen sind; so die vielen und großen Kohlenablagerungen, welche man in China schon seit mehr als 1000 Jahren, also früher wie in Europa, ausnutzt, das ausgedehnte Kohlengebiet von Kousnetzk am Altai, die Kohlenlager am Burija im östlichen Sibirien, die Steinkohlen der Provinz Tsikusen in Japan, die Kohlen von Neu-Südwales und Diemensland, von Java und Borneo, sowie die Chile's, des Plateaus von Santa Fé de Bogota und der Cordilleren von Huarocheri und

Lanta, welche nach v. Humboldt bei Huanio gegen 14,000 Fuß über dem Meere, nahe dem ewigen Schnee liegen sollen.

Ich überspringe jetzt die Kohlenlager, welche hier und da im Keuper als sogenannte Lettenkohle, im Leias, im Wielden (z. B. an der Porta Westphalica) und im Quadersandsteine beobachtet und zum Theil auch bergmännisch gewonnen werden, um sogleich zu der neuern Hauptkohlenbildung, zu den Braunkohlenablagerungen, überzugehen. Was die Geologen tertiäre Braunkohlengebilde nennen, ist stets jünger als die Kreideformation, liegt also, wo dieselbe zugleich vorhanden ist, über derselben, sehr oft jedoch auch auf weit älteren und zuweilen selbst unmittelbar auf den ältesten Gesteinen.

Die Unterlage der Braunkohlenformation ist demnach, und wie sich eigentlich von selbst versteht, noch weit weniger auf bestimmte Formationen oder Gesteine eingeschränkt, als die der Steinkohlenformation. Ueber den Braunkohlengebilden, worunter nicht blos die Kohlen selbst, sondern auch alle zugehörigen Schichten verstanden werden, liegt zuweilen gar nichts weiter; oft sind sie jedoch bedeckt von diluvialen Sand-, Lehm- oder Geschiebeablagerungen, auch wol von neueren Thon- oder Meereskalkbildungen oder Sandsteinen. Ihr Alter ist höchst wahrscheinlich nicht überall genau dasselbe, vielmehr scheint es, daß während eines großen Zeitraumes nach Ablagerung der Kreide (während der sogenannten Tertiärzeit) im mittlern Europa bald hier bald dort Braunkohlenablagerungen, in etwas ungleichen Zeiträumen, aber unter ziemlich ähnlichen äußeren Umständen gebildet worden sind.

Ganz ähnlich verhält es sich wahrscheinlich auch mit den einzelnen Steinkohlenablagerungen, die nicht alle von ganz gleichem Alter zu sein scheinen, deren Bildung vielmehr nur in eine gemeinsame große Periode zusammenfällt.

Auch die Braunkohlen scheinen wie die Steinkohlen zuweilen in muldenförmige Vertiefungen der damaligen Erdoberfläche eingelagert worden zu sein; sehr deutlich z. B. bei Zittau in Sachsen; sie finden sich aber auch wie jene über große, fast ebene Flächenräume mit ungleicher Dicke ausgebreitet. So sind z. B. in den Gegenden von Zeitz, Merseburg, Leipzig, Wurzen, Halle, Dessau, Magdeburg, Halberstadt u. s. w. unter den diluvialen Sand- und Lehmablagerungen fast überall Braunkohlen zu finden, nur nicht überall in bauwürdiger Mächtigkeit und Qualität, und diese Kohlenbildung

scheint von da aus in einem gewissen unterirdischen Zusammenhange zu stehen mit denen, die man in der Lausitz, im nördlichen Schlesien und in ganz Norddeutschland an so vielen Punkten kennt.

Während wir die Steinkohlenablagerungen in Deutschland so besonders häufig von Porphyrgesteinen begleitet fanden, finden wir in Mittel- und Süddeutschland mit den Braunkohlen zusammen ganz besonders häufig Basalte und Phonolithe. So z. B. am Nordrande Böhmens, in der Rhön, am Meißner im Hessen, im Siebengebirge bei Bonn und in der Wetterau.

Auch das dürfte nicht ganz ohne genetischen Zusammenhang sein, zumal da diese Basalte und Phonolithe im Allgemeinen offenbar in ungefähr derselben Periode gebildet worden sind. Zuweilen zeigen sie sich älter als die Braunkohlen und sind dann regelmäßig von denselben überlagert; zuweilen aber sind sie entschieden neuerer Entstehung, haben dieselben gewaltsam durchbrochen, in ihrer ursprünglichen Lagerung mannigfach gestört und oft auch sehr stark chemisch verändert, in der Weise, wie man es von lavaartigen Gesteinen zu erwarten hat; sie haben z. B. die Kohlen an ihren Rändern in Koaks umgewandelt.

Die mit den Braunkohlen zu einer Formation verbundenen Gesteinsschichten sind in gewissem Grade denen der Steinkohlenformation ähnlich. Es sind hauptsächlich thonige und sandige Gesteine. Aber die Thongesteine sind ebenso häufig nicht schieferig als schieferig, und sie, wie die Sandsteine und losen Sand- oder Kiesablagerungen dieser Formation, zeichnen sich oft durch besonders helles, fast weißes Ansehen aus, während die Steinkohlengesteine vorherrschend grau sind. Wie bei den Steinkohlen, so findet man auch bei den Braunkohlen zuweilen Thoneisenstein-Lager und Knollen, und wie dort die Sandsteine und Schieferthone oft Pflanzenüberreste umschließen, so ist das auch hier der Fall, nur sind die Formen dieser Pflanzen durchaus andere, weit weniger von den jetzt existirenden Pflanzenformen abweichende, als in der Steinkohlenformation. Die Analogie zwischen diesen beiderlei Kohlengebilden ist somit groß, und wir werden sehen, daß die zwischen ihnen bestehenden Unterschiede sich größtentheils durch das sehr ungleiche Alter derselben erklären lassen. Diese Unterschiede sind namentlich 1) der größere Bitumengehalt der Braunkohlen und infolge davon der braune Strich derselben beim Ritzen, während das Strichpulver der Steinkohlen ganz schwarz ist; 2) der Umstand, daß

in der Braunkohlenformation weit seltener so viele Kohlenlager übereinander vorkommen, als in der Steinkohlenformation; 3) die gänzliche Verschiedenheit der beiderseitigen Pflanzenabdrücke; 4) die im Allgemeinen hellere Färbung der die Braunkohlen begleitenden Gesteine; 5) die oft größere Lockerheit dieser letzteren Gesteine und namentlich das seltenere Vorkommen der Schiefertextur an den Thongesteinen der Braunkohlen; 6) die häufige Begleitung der Steinkohlen durch Porphyre, während die Braunkohlen von Basalten begleitet sind.

Zu der Untersuchung übergehend, wie nun eigentlich sowol die Steinkohlen als die Braunkohlen entstanden sein mögen, müssen wir zunächst die Umstände berücksichtigen, unter welchen noch gegenwärtig große Anhäufungen von Vegetabilien oder deren Substanz entstehen; denn daß alle irgend bedeutenderen fossilen Kohlenablagerungen aus Pflanzenanhäufungen entstanden sind, unterliegt längst keinem Zweifel mehr. Nicht nur ihre ganze Lagerungsweise und die damit überall vorkommenden vielen Pflanzenabdrücke beweisen es, sondern man hat auch geradezu in so vielen Kohlen durch sorgfältige Präparation und genaue Untersuchung die Pflanzentextur noch deutlich erkannt, sodaß diese Frage längst als entschieden zu betrachten ist. Es fragt sich nur, unter welchen Umständen häuften sich die Pflanzentheile so massenhaft an? Und durch welche Vorgänge und chemische Processe wurden sie in ihren gegenwärtigen Kohlenzustand versetzt? Solche Pflanzenanhäufungen, von denen sich etwa denken ließe, daß sie die Veranlassung zu Kohlenlagern werden könnten, erfolgen gegenwärtig: 1) durch das Uebereinanderwachsen der Pflanzen in Urwäldern, 2) durch Torfbildung, 3) durch Zusammenschwemmung durch Flüsse oder Meeresströmungen und 4) durch die sogenannten Fucoideenbänke im Meere.

Selbst das üppigste Uebereinanderwachsen der Pflanzen in einem Urwalde würde aber niemals hinreichen, Material für ein einigermaßen erwähnenswerthes Kohlenlager zu liefern. Es ist durch Versuche nachgewiesen und berechnet worden, daß der durch Waldvegetation auf irgend einer Oberfläche gebildete Pflanzenstoff niemals eine über einen Zoll dicke Steinkohlenschicht liefern würde, da der Kohlenstoff der in Wäldern verwesenden Pflanzentheile sich nicht fortwährend summirt, sondern durch Zersetzung und neue flüchtige Verbindungen in die Atmosphäre über- und nach und nach verloren geht. Diese Art von Vegetation an Ort und Stelle ist demnach nicht geeignet,

die Bildung einigermaßen mächtiger Kohlenlager zu erklären; auch ist durchaus kein Grund vorhanden, etwa anzunehmen, daß irgend eine vorweltliche Vegetation sich in dieser Beziehung ganz anders verhalten hätte, als die gegenwärtige. Daß sehr dünne Kohlenschichten auf diese Weise entstanden sein können, und hie und da auch wirklich entstanden sein mögen, unterliegt freilich gar keinem Zweifel; nur für die einigermaßen beachtenswerthen ist diese Erklärung ganz unhaltbar.

Ich wende mich zu der zweiten Art gegenwärtiger Pflanzenanhäufung, zu der Torfbildung. Gewisse Pflanzen, besonders einige Moosarten, wachsen bekanntlich an nassen Stellen der Art übereinander, daß dadurch viele Fuß dicke filzige Anhäufungen entstehen, die oben immer noch fortwachsen, während die unteren Theile, gegen Vewesung geschützt, sich fester und fester zusammensetzen und jene brennbare Substanz bilden, die man Torf nennt. Diese Torflager erreichen in Deutschland zuweilen eine Mächtigkeit von 30—40 Fuß, noch weit dicker findet man sie in Irland, vielleicht das großartigste Beispiel ähnlicher Art liefert aber der große Moor, genannt „Great dismal", in Nordkarolina und Virginien, welcher 25 Miles breit und 40 Miles lang, sich in der Mitte 12 Fuß höher erhebt als an den Rändern, und es ist durchaus kein Grund vorhanden, warum Torflager nicht unter besonders günstigen Umständen, etwa in beckenförmigen Vertiefungen, eine Mächtigkeit von mehren Hundert Fuß erreichen könnten und zwar in geologisch gar nicht allzu großen Zeiträumen, da sie ziemlich schnell wachsen und alle Wachsthumsresultate sich bei ihnen summiren. Mächtige Torflager haben nun aber in ihren tieferen Theilen mit manchen erdigen Braunkohlenlagern eine so große Aehnlichkeit, daß es dem ungeübten Beobachter ziemlich schwer fallen dürfte, sie allemal voneinander zu unterscheiden. Ganz wie in den Torflagern sieht man zuweilen in der erdigen Braunkohle wohl erhaltene bituminöse Holztheile, ganze Wurzelstöcke, einzelne Zweige oder Früchte, von Pflanzen herrührend, die offenbar etwas anderer Natur waren, und darum ein anderes Product lieferten als die sie umschließende Hauptmasse. Die Aehnlichkeit zwischen manchen entschiedenen Braunkohlen und manchen Torf ist, sowol was die besondere Natur als die Art des Vorkommens anlangt, in der That so groß, daß es kaum bezweifelt werden kann, daß gewisse Braunkohlen, z. B. die der Gegend von Zeitz, aus antediluvialen Torflagern ent-

ſtanden ſind. Dazu gibt es ebenſowol bedeckte Torflager, welche nur aus noch exiſtirenden Moosarten zuſammengeſetzt ſind (bei Mühlhauſen in Thüringen 50 Fuß mächtig von Lehm bedeckt), als ganz unbedeckte Braunkohlen, die ſich durch Reſte von ausgeſtorbenen Pflanzen als ſolche zu erkennen geben. Nun iſt aber auch wieder die Verwandtſchaft und Aehnlichkeit zwiſchen vielen Braun- und Steinkohlen ſo groß, daß man durchaus für beide nur analoge Entſtehungsweiſen annehmen kann. — Wir haben daher in der Torfbildung allerdings eine Urſache, durch welche ſehr wahrſcheinlich ein Theil der Braun- und Steinkohlenlager veranlaßt iſt. Es wird aber, da es nicht die alleinige iſt, darauf ankommen, für jeden beſondern Fall zu erkennen, ob die Kohlen durch Torfbildung oder auf andere Weiſe entſtanden ſind. — Für mehre Steinkohlenablagerungen, z. B. für die ſchleſiſchen, hat Herr Prof. Göppert den Torfurſprung durch ſehr ſorgfältige Unterſuchung hinreichend nachgewieſen, für andere aber dieſen Urſprung als nicht ihrer Natur entſprechend bezeichnet. Die große factiſche und noch größere mögliche Mächtigkeit der Torflager ſteht dabei ſehr gut in der Uebereinſtimmung mit der großen und ungleichen Mächtigkeit mancher Kohlenlager. Die Torfbildung iſt daher eine zweite ſehr wahrſcheinliche Urſache von Kohlenlagern.

Die dritte Art gegenwärtiger örtlicher Pflanzenanhäufungen iſt die Zuſammenſchwemmung durch Flüſſe oder Meeresſtrömungen. Die großen Flüſſe noch nicht ſehr kultivirter Länder, ſo die meiſten Amerika's, reißen ungemein häufig an ihren Ufern wachſende Bäume oder andere Vegetabilien mit ſich fort und führen dieſe einem Landſee oder dem Meere zu. Die Pflanzentheile werden, als ſogenanntes Senkholz, nach und nach ſo von Waſſer durchdrungen, daß ſie bei nachlaſſender Strömung ſich irgendwo auf dem Boden ablagern, ſei das nun in einem Landſee, vor der Mündung des Fluſſes in das Meer, oder an weitentlegenen Punkten des Meeresbodens, wo ſie durch Strömungen (als Treibholz) hingeführt werden. Alle dieſe Fälle können, wie ſich von ſelbſt verſteht, ſo mächtige Anhäufungen von Pflanzenſtubſtanz hervorbringen, als nur zu irgend einem Kohlenlager erforderlich ſind, da ihre Reſultate ſich ſtets ſummiren, ſo lange ſie in derſelben Weiſe fortdauern. Aber die ſo gebildeten Kohlen müſſen bei genauer Unterſuchung ihren vorherrſchend holzigen Urſprung erkennen laſſen, und man wird den dabei vorkommenden noch deutlichen Pflanzentheilen auch größere oder geringere Beſchädigung durch

den Transport ansehen. Ja man wird ferner vielleicht unterscheiden können, ob die Ablagerung in einem Landsee, vor einer Flußmündung, oder in einer weit vom Ursprung der Pflanzen entlegenen Meeresbucht erfolgte, je nachdem zugleich etwa Reste von Süßwasserthieren, von Süß- und Seewasserthieren, oder nur von Meerwasserthieren damit zusammen vorkommen. Und wirklich hat man dergleichen Erscheinungen mehrfach beobachtet, auch enthalten die norddeutschen Braunkohlen an einigen Orten so abgerollte Holzstücke, daß man sie recht wohl für Treibholz halten kann. Also auch diese Entstehungsweise der fossilen Kohlen durch Zusammenschwemmen ist im Allgemeinen sehr wahrscheinlich, und wo sie die wirkliche ist, aus gewissen Umständen erkennbar. Zugleich steht diese wie die vorige Bildungsweise sehr gut in Uebereinstimmung mit der so häufigen beckenförmigen Lagerung der Kohlen.

Es bleibt uns nun noch die vierte mögliche Bildungsweise zu betrachten übrig; es ist die durch Anhäufung von im Meere wachsenden Fucoideen. Man kennt mitten im Atlantischen Ocean einige Stellen, sogenannte Fucusbänke, an welchen so viele Seetange verworren ineinander wachsen, daß sie dadurch der Schifffahrt geradezu hinderlich werden. Wenn nun diese großen Pflanzenmassen irgendwo auf dem Meeresboden zur Ablagerung kommen, so muß man wol erwarten, daß daraus auch eine Art Kohlenbildung hervorgehe. Die uns näher bekannten Braun- und Steinkohlen können aber allerdings nicht aus solchen Seepflanzen entstanden sein, da man in ihnen jederzeit und beinahe nur Ueberreste von Landpflanzen vorfindet. Dagegen glaubt Herr Forchhammer nachgewiesen zu haben, daß wol die meisten Alaunschieferflötze, die doch in der Regel auch sehr kohlenhaltig sind, aus Anhäufungen von Fucoideen entstanden seien.

Wir haben somit drei bis vier mögliche Ursachen oder Arten der Kohlenbildung kennen gelernt, die man nur aus den besonderen Umständen des localen Vorkommens für jeden besondern Fall zu ermitteln vermag. Eine Schwierigkeit für alle Erklärungsarten bleibt aber immer noch der häufige Wechsel mancher Kohlenlager mit anderen Gesteinsschichten, wie z. B. in den Gebiet von Saarbrücken, wo man überhaupt 164 einzelne Kohlenlager unterschieden hat, die durch Kohlenschiefer- und Sandstein voneinander getrennt sind. Es setzt dieser Umstand ungleiche, aber stets wiederkehrende Perioden voraus, deren Verlauf sich nicht ganz leicht denken läßt. Besonders schwer

ist das da, wo vom Gestein umschlossene, noch aufrechte Pflanzenstämme darauf hindeuten, daß die Pflanzen an Ort und Stelle etwa in oder neben Torflagern gewachsen sind. Einige andere Umstände, welche als Schwierigkeiten für diese Deutungen erscheinen könnten, erklären sich dagegen sehr leicht. Ich meine die Lagerungsverhältnisse mancher Kohlenschichten: das Vorkommen 10—14,000 Fuß über, oder eben so tief unter dem Meeresspiegel, sowie die steil aufgerichtete Stellung oder die vielfachen Biegungen, Zerreißungen und Verwerfungen der Schichten (vgl. Fig. 5—8). Diese Umstände sind ganz einfach Folgen der vielen Bewegungen, welche, wie wir früher gesehen haben, durch die Wirkungen der vulkanischen oder plutonischen Thätigkeit in der festen Erdkruste stattgefunden haben. Dadurch sind sehr viele und große Theile derselben ganz aus ihrem ursprünglichen Niveau gerückt, um viele Tausend Fuß gehoben oder gesenkt, vielfach hat die Vertheilung von Wasser und Land gewechselt; der ursprüngliche Zusammenhang ist unterbrochen, die Schichten sind gebogen, zerbrochen, aufgerichtet und oft auf die sonderbarste Weise gegeneinander verschoben worden. Auch ist es sehr natürlich, daß die weit älteren Steinkohlen durchschnittlich viel häufiger von solchen Störungen betroffen worden sind, als die Braunkohlen, da sie durch einen weit längern Zeitraum diesen fortdauernden Wirkungen des Erdbildungsprocesses ausgesetzt waren.

Wir haben bisher noch nicht näher die besonderen Pflanzenformen betrachtet, durch welche sowol die Stein- als die Braunkohlengebilde sich auszeichnen, die man aber gewöhnlich am deutlichsten nicht in den Kohlen selbst, sondern in den sie begleitenden thonigen und sandigen Schichten als Abdrücke vorfindet, weshalb es denn auch voreilig sein würde, daraus sogleich zu schließen, es müßten die Kohlen selbst ganz und nur aus diesen Pflanzen entstanden sein, deren Abdrücke man in den Schichten darüber und darunter vorfindet. Vielmehr scheint das etwas abgesonderte Vorkommen (wenigstens bei den torfartig gebildeten Kohlenlagern) anzudeuten, daß diese Pflanzen nur auf oder neben jenen wuchsen, welche die Hauptkohlenmasse bildeten. Dennoch sind sie es fast ausschließlich, welche uns einigermaßen ein Bild von der Flora jener Zeiten zu geben vermögen; auch hat Herr Prof. Göppert nachgewiesen, daß Reste von ihnen allerdings auch in den Kohlen selbst vorkommen, die gänzlich in Kohle umgewandelt sind, nur bestehen die Kohlen keineswegs ganz und überall aus

Fig. 9. Ideale urweltliche Landschaft: Steinkohlenperiode.

solchen. Herr Prof. Unger hat in seinen 14 vorweltlichen Landschaften (die Urwelt in ihren verschiedenen Bildungsperioden), deren drei als Fig. 9, 12 und 13 verkleinert hier wiedergegeben sind, diese Pflanzen, von denen man oft nur einzelne Theile kennt, zu vollkommenen Individuen zu ergänzen und in Landschaften zu gruppiren versucht, die aber natürlich nur als sehr idealisirte Darstellungen angesehen werden dürfen.

Betrachten wir zunächst die Steinkohlenzeitlandschaft Figur 9. Was für sonderbare, von allen lebenden abweichende Pflanzen sehen wir da durcheinander wachsen? Das ist kein Wald unserer Zeit —

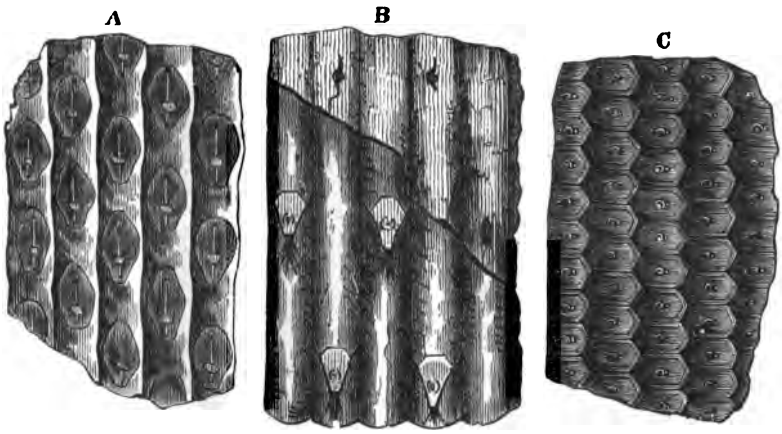


Fig. 10. A. Sigillaria oculata. B. Sigillaria Voltzii oben ohne, unten mit Kohlenrinde. C. Sigillaria elegans.

weder in den gemäßigten Zonen, noch zwischen den Wendekreisen sieht man jetzt etwas Aehnliches. Da sind unter den Bäumen weder unsere Laub- und Nadelhölzer, noch die königlichen Palmen der Tropen zu finden. Diese Bäume sind vorherrschend große Equisetaceen, Lycopodiaceen und Farrenkräuter. Also lauter kryptogamische — blütenlose Pflanzen. Zu ihnen gesellt sich häufig noch ein ganz abnormer Baum, dessen Rinde in vielen Variationen den Abbildungen Fig. 10 ähnelt, während die dicken und selbst stammartigen Wurzeln ungefähr wie Fig. 11, B, C und D aussehen (s. S. 210). Man hat, als man noch nicht wußte, daß beide zusammengehören, den Stamm (Fig. 10 und Fig. 11 A) Sigillaria genannt und die Wurzeln Stig-

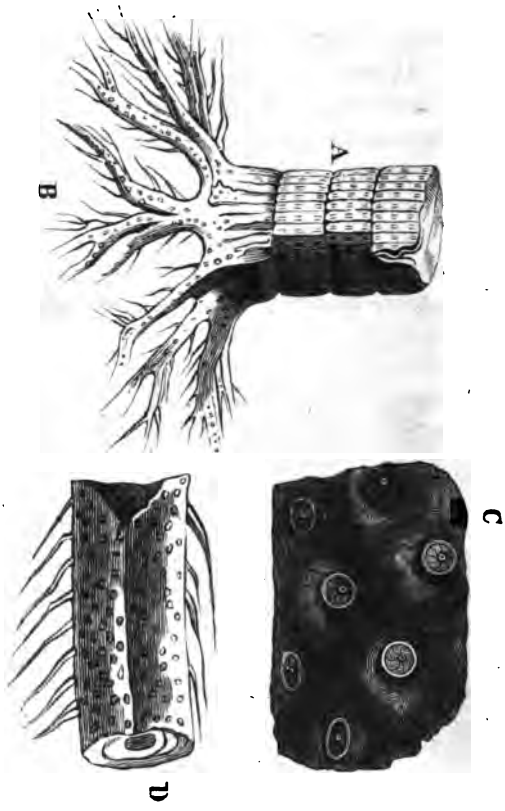


Fig. 11. A. Sigillaria-Stamm. B. Dessen Wurzeln, welche man Stigmaria genannt hat. C. Ein Stück Stigmaria in natürlicher Größe. D. Ein Stück dergleichen verkleinert, mit anhängenden Fasern.

maria. Es ist ein Baum, der offenbar nur in morastigem, etwa torfartigem Boden wachsen konnte, und dieser war in den Steinkohlenwäldern Europas, wie es scheint, der häufigste unter allen. Unsere Coniferen sind in diesen Wäldern nur sehr dürftig durch Bäume vertreten gewesen, welche den südamerikanischen Araukarien ähnelten. Alle diese Pflanzen, mit Ausnahme der letzteren auch die strauch- oder krautartigen zwischen den Bäumen, sind nicht nur blütenlose, sondern ihr allgemeiner Charakter ist auch ein tropischer, d. h. sie können nur in sehr warmen und zugleich wol sehr feuchtem Klima gewachsen sein, sie würden nach ihrer ganzen Organisation keinen Frost haben bestehen können. Und dennoch finden wir sie fast übereinstimmend in den Kohlenbildungen Deutschlands, Frankreichs, Englands, Nord-

amerikas und Neuhollands, in Gegenden, wo es zum Theil sehr kalte Winter gibt. Das setzt also für jene Zeit nicht nur ein anderes, wärmeres und feuchteres Klima unserer Breiten voraus, sondern auch ein viel gleichförmigeres, als es gegenwärtig in von einander so entlegenen Gegenden des Erdkörpers besteht. — Während jetzt in ganz Nordamerika nur ein paar wildwachsende Pflanzen mit den europäischen übereinstimmen, außerdem aber alle der Art nach verschieden sind, hat man gefunden, daß von 53 gut bestimmten, der nordamerikanischen Steinkohlenformation angehörigen Pflanzen 35 ganz dieselben Arten sind, welche auch in Europa in dieser Formation vorkommen. Also die Erde muß wol in jener Zeit überhaupt wärmer, und ihre Temperatur und die klimatischen Verhältnisse müssen überall gleichmäßiger gewesen sein. Sonderbar, aber nicht eben schön möchte ich diese architectonisch verzierten Stämme und diese blütenlosen Wipfel nennen, noch reizloser (für menschliche Anschauung) müssen aber jene Wälder durch die große Armuth der Thierwelt gewesen sein. Da weidete und raubte kein Säugethier, da zwitscherte und nistete kein Vogel, selbst Reptilien und Insecten scheinen nur äußerst selten diese sumpfigen Wälder bewohnt zu haben. Eine unheimliche Stille mußte in ihnen herrschen, noch unheimlicher durch die wahrscheinlich stets trübe Atmosphäre.

Auf der zweiten Steinkohlenlandschaft, ebenfalls nach Unger (Fig. 12, S. 212), ist dagegen das gewaltsame Zusammenschwemmen der Pflanzenreste dargestellt. Ein heftiger Regen strömt vom Himmel herab. Die dadurch gebildeten Fluten schneiden tiefe Betten in den torfigen Waldboden ein, dessen Gehalt an aufgeschwemmten Baumstämmen die mehrfache Wiederkehr ähnlicher Ereignisse verräth. Auf den Ufern stehen noch Gruppen von Lepidodendren, baumförmigen Farren und Equisetaceen (Calamiten); aber bald dürften auch sie das Loos ihrer Nachbarn und Vorgänger theilen, um irgendwo in der Nachbarschaft zu einem künftigen Kohlenlager angehäuft zu werden.

Wenden wir uns der Braunkohlenlandschaft zu (Fig. 13, S. 213). Sie zeigt uns einen ungleich freundlichern Charakter, aber weit weniger originell, weit weniger abweichend von jetzigen Wäldern der Erde. Zwischen mancherlei Laub- und Nadelholzbäumen erheben einzelne stolze Palmen ihre gefiederten Wipfel; ein üppiges Unterholz sproßt überall empor. Die Landschaft ist uneben und sonnig; große Pflanzenfresser von erotischer Form beleben sie. Wieder begegnen wir

Fig. 12. Ideale urweltliche Landschaft: Steinkohlenperiode.

Fig. 13. Ideale urweltliche Landschaft: Braunkohlenperiode.

den Araukarien (ganz rechts), begleitet von zahlreichen Cypressen, und beide scheinen in dieser Periode noch bei weitem häufiger gewesen zu sein, als dies auf unserm Bilde ausgedrückt ist, da die leicht kenntliche Textur dieser Pflanzen unter den deutschen Braunkohlenhölzern die durchaus vorherrschende ist. Eines Baumes, der auf unserer Landschaft ebenfalls nicht besonders hervorgehoben ist, muß ich noch gedenken; es ist der, welcher den Bernstein lieferte (Pinites succinifer), dieses fossile Harz, was in den norddeutschen Braunkohlen so ungemein häufig gefunden wird, in sich eine außerordentlich reiche und in vielen Exemplaren trefflich erhaltene Insectenfauna einschließend. Nur zum Theil dieselben Insecten, von denen man 400 Arten specifisch bestimmt hat, kommen bei Oeningen in der Schweiz und bei Radeboi in Croatien auch in kalkigen und thonigen Schichten derselben Periode vor, woraus Herr Heer ebenfalls über 400 Arten bestimmte. Die Insecten sowol als die Pflanzen gehören meist noch lebenden Gattungen an, wenn auch die Arten meist ausgestorben sind. Ihre nächsten Verwandten leben gegenwärtig in beinahe tropischen Ländern, und man muß daraus schließen, daß das Klima Deutschlands damals immer noch ein viel wärmeres war als jetzt. Die zeitliche Aufeinanderfolge dieser beiden Vegetationsperioden, verglichen mit der gegenwärtigen, stimmen demnach vortrefflich mit der Annahme überein, daß unsere Erde nach und nach kälter und kälter geworden ist.

Sind wir nun aber auch darüber mit uns einig, daß Braun- und Steinkohlen aus Pflanzenanhäufungen, und zwar am häufigsten aus torfartigen entstanden, so fragt es sich nun: wie konnten daraus solche steinartige Kohlen werden? Und warum sind diese untereinander so verschieden? Um diese Fragen einigermaßen erörtern zu können, müssen wir zunächst die Unterschiede, und zwar vorzugsweise die chemischen zwischen Pflanzensubstanz und den einzelnen Kohlenarten uns in gewissem Grade zu vergegenwärtigen suchen. Alle Pflanzen (folglich auch die, welche Torflager bilden) bestehen vorherrschend aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff; dieselbe allgemeine Zusammensetzung zeigen aber auch die meisten Kohlen, nur unter anderen quantitativen Verhältnissen. Ihr Gehalt an Wasserstoff und Sauerstoff ist geringer (der an Kohlenstoff also verhältnißmäßig größer), und jener Gehalt ist im Allgemeinen um so geringer, einer je ältern Formation die Kohlen angehören. Nun weiß man aber, daß alle Pflanzensubstanzen bei ihrer Verwesung unter Wasser stets mehr Wasserstoff

und Sauerstoff als Kohlenstoff verlieren, indem diese ersteren mit etwas Kohlenstoff als Kohlensäure und als Kohlenwasserstoffverbindungen entweichen. — Auf diese Weise nähert sich alle unter Wasser verwesende Pflanzensubstanz, wie z. B. der Torf, mit der Zeit mehr und mehr der Zusammensetzung von Braunkohle, in welcher letztern durch eine eigenthümliche Verbindung von Wasserstoff und Kohlenstoff sich sogenanntes Bitumen gebildet hat. Dieses Bitumen ist aber selbst flüchtig, und entweicht um so schneller, einer je höhern Temperatur die bituminösen Kohlen ausgesetzt werden. Wenn daher Braunkohlen durch starke Bedeckung von oben, viele Jahrtausende lang der höhern Temperatur des Erdinnern und zugleich einem starken Drucke ausgesetzt werden, so ist zu vermuthen, daß sie dadurch in weit weniger bitumenhaltige Steinkohlen übergehen, und wenn dieser Proceß noch viel länger oder bei höherer Temperatur fortgesetzt wird, so kann man erwarten, daß daraus fast bitumenfreier Anthracit, oder endlich gar Graphit werde. Nun stimmt aber die gewöhnliche Reihenfolge, in welcher wir die genannten Kohlenarten: Braunkohle, Steinkohle (oder Schwarzkohle), Anthracit (oder Glanzkohle) und Graphit in den Formationen der festen Erdkruste vorfinden, vortrefflich mit jenen Erfahrungen und Voraussetzungen überein. Die jüngsten Kohlen sind die bitumenreichsten (Braunkohlen), die ältesten, am längsten, und wahrscheinlich einer sehr hohen Temperatur ausgesetzten, bilden die Graphitlager in den krystallinischen Schiefergesteinen. Aus ihnen ist alles Bitumen verschwunden, es ist nur noch eine durch Erden- oder Metalloxyde etwas verunreinigte Kohle übriggeblieben, welche sich vom Diamant vielleicht nur durch ganz andern Aggregatzustand und durch jene kleinen Verunreinigungen unterscheidet. Dazwischen in der Altersreihe finden wir die wenig Bitumen enthaltenden Schwarzkohlen und die noch bituminenärmeren, aber auch durchschnittlich etwas älteren Glanzkohlen. Verwundern kann es dabei gar nicht, wenn die allgemeine Regelmäßigkeit dieser Reihe zuweilen etwas gestört ist, wenn z. B. die Kohlen der echten Steinkohlenformation zum Theil Anthracit geworden sind, oder die der echten Braunkohlenformation zum Theil bitumenarme Schwarzkohlen, wo besondere Umstände eine local schnellere Umwandlung bedingten.

Jede besonders energische locale Einwirkung der plutonischen Thätigkeit, starke Bedeckung mit neueren Ablagerungen und dadurch ungewöhnlich tiefes Hinabrücken in das Erdinnere, oder der unmittel-

bare Contact mit einem heißflüssig aus dem Erdinnern emporquellenden Eruptivgestein, konnte local eine höhere Umwandlungsstufe hervorbringen, als sie im Allgemeinen dem Formationsalter entspricht.

Dicht neben Basalten oder Porphyren sind sowol die Braun- als die Steinkohlen zuweilen in eine Art Koaks umgewandelt, der in seiner chemischen Zusammensetzung am meisten dem Anthracit entspricht, nur seiner mechanischen Natur nach eine schnellere, energischere Umwandlungsweise andeutet. Die Steinkohlenlager des Ohiogebietes in Nordamerika sind da, wo sie in das durch plutonische Thätigkeit erhobene Gebirgsgebiet eintreten, auf große Ausdehnung ihres Bitumens fast ganz beraubt, viel mehr als außerhalb dieses Gebietes; sie sind hier zu ohne Rauch brennendem Anthracit geworden, während dieselben Flötze in der angrenzenden Niederung noch aus sehr bitumenhaltigen Schwarzkohlen bestehen. Bei Worcester in Massachusetts geht sogar noch Lyell's Bericht ein gewöhnliches, zwischen Schieferthon eingebettetes, gut brennendes Kohlenlager in seiner Verlängerung in abfärbenden unverbrennbaren Graphit über, der zwischen granatenführendem Glimmerschiefer liegt. Auch in den Alpen Savoyens, sowie an der Stangenalpe in Steiermark findet man Anthracitlager, welche nach den mit ihnen vorkommenden Pflanzenabdrücken der gewöhnlichen Steinkohlenformation angehören, und also auch hier wol nur deshalb bis zur Anthracitstufe umgewandelt sind, weil sie bei oder vor Erhebung der mächtigen Gebirgskette besonders energischen Einwirkungen der plutonischen Thätigkeit ausgesetzt waren. Die stark bedeckten tertiären Kohlenlager am nördlichen Alpenrand, in der sogenannten Mollasseformation, entsprechen dem Alter nach ungefähr unseren norddeutschen Braunkohlen, mineralogisch aber sind sie den Steinkohlen höchst ähnlich, arm an Bitumen, ganz schwarz mit schwarzem Strich.

Der chemische Theil der Umwandlung von Pflanzensubstanz in die verschiedenen Kohlenarten scheint somit die Folge eines mehr oder minder langsamen Zersetzungs- und Destillationsprocesses zu sein, bei welchem Wasserstoff und Sauerstoff mit etwas Kohlenstoff in Gasform, oder als Bitumen entweichen. Bei gleicher Temperatur sind die ältesten, am längsten diesem Proceß ausgesetzten auch am meisten umgewandelt; bei besonders hoher Temperatur ist aber die Umwandlung örtlich schneller nnd energischer vorgeschritten. Auf die Art der umzuwandelnden Pflanzen scheint dabei nicht gerade viel angekommen

zu sein, doch lassen sich allerdings einige Unterschiede auch in dieser Beziehung erkennen, indem zuweilen einige Pflanzentheile den übrigen um eine Stufe vorausgeschritten sind; das ist z. B. der Fall bei den wenigen Calamiten- und Coniferenholzresten, welche man in der Steinkohle zuweilen vorfindet. Sie bilden die sogenannte mineralische Holzkohle und enthalten kaum noch Spuren von Bitumen.

Außer den chemischen Umwandlungsursachen hat aber in der Regel auch noch eine mechanisch eingewirkt, bestehend aus dem Druck, welchem die Pflanzenanhäufungen durch darauf lastende neuere Ablagerungen unterworfen waren. Die Kohlenatome sind dadurch offenbar immer dichter und dichter zusammengedrückt worden, bis sie endlich jene dichte steinartige Masse bildeten, welche wir eben Steinkohle oder Anthracit nennen. Durch denselben Umstand scheinen auch die begleitenden thonigen und sandigen Gesteine fester und zum Theil schiefrig geworden zu sein, weshalb diese Eigenschaften bei den längerm und meist auch höherm Druck ausgesetzt gewesenen Begleitern der Steinkohle allgemeiner und in höherm Grade zu finden sind, als bei denen der Braunkohlen.

Daß zu allen diesen Bildungen ganz außerordentlich große Zeiträume nöthig gewesen sind, versteht sich von selbst, wird aber noch augenscheinlicher, wenn man eine annähernde Berechnung derselben versucht. G. Bischof hat das in seiner Geologie gethan, und ich lasse hier seine eigenen Worte darüber folgen.

„Nach einer von meinem Freunde von Dechen mit großer Sorgfalt angestellten Berechnung ist das Gewicht des zwischen der Saar und Blies gelegenen Theils der Saarbrücken-Steinkohlenformation, so weit sie preußisch ist, 90,8 Billionen Pfund, worin 72,6 Billionen Pfund Kohlenstoff enthalten sind.

Wir setzen voraus:

1) die Vegetation habe, der Quantität nach, in der Steinkohlenperiode ebenso viel betragen wie heutzutage; es seien mithin auf gleichen Flächen damals, wie heute, gleiche Quantitäten Kohlenstoff aus der atmosphärischen Kohlensäure aufgenommen worden;

2) die Pflanzen, welche die Steinkohlen gebildet haben, seien auch auf demselben Flächenraume gewachsen, auf dem sich gegenwärtig ihre Reste finden. Die vortreffliche Erhaltung der Pflanzenabdrücke in dieser Kohlenformation bürgt dafür, daß sich diese Voraussetzung wenigstens nicht weit von der Wahrheit entfernen kann;

3) die sämmtlichen Pflanzen, welche auf der Fläche des Steinkohlengebietes gewachsen sind, seien ohne irgend einen Verlust als den nothwendigen bei der chemischen Umwandlung aus frischer Pflanzensubstanz in Steinkohle zur Bildung der Lager verwendet worden. Diese Voraussetzung ist, abgesehen von den Erscheinungen, welche die Urwälder darbieten, schon mit dem Vorkommen der Pflanzenabdrücke in den Steinkohlenformationen nicht in Uebereinstimmung; denn dieselben beweisen, daß ein großer Theil der Pflanzen nicht zur Steinkohlenbildung verwendet, sondern durch andere Einflüsse zerstört worden ist.

Unter diesen Voraussetzungen berechnet sich ein Zeitraum von 1,004,177 Jahren, welche erforderlich waren, durch die Vegetation der in Rede stehenden Steinkohlenformation das nöthige Material zu ihrer Bildung zu liefern. Sollte aus den beiden ersten Voraussetzungen geschlossen werden, daß die Zeiträume der Steinkohlenbildung überschätzt worden seien, so zeigt die dritte das Gegentheil. Beides könnte sich leicht ausgleichen." Ein so großer Zeitraum wäre also hiernach nur allein zur Bildung dieser Kohlenlager nöthig gewesen, ein ungleich viel größerer muß aber seit ihrer Bildung verstrichen sein, wie sich deutlich aus ihrer Lagerung unter so vielen anderen Flötzformationen ergibt.

Chevandier, welcher die mittlere jährliche Production von zwei Buchen-Hochwäldern auf buntem Sandsteine nach einem 63jährigen Durchschnitte ermittelte, fand, daß die Menge des auf einem Hectaren producirten Kohlenstoffs 1800 Kilogramm beträgt. — Daraus berechnete er, daß die Vegetation unserer Wälder in 100 Jahren so viel Kohlenstoff liefert, um eine Schicht Steinkohlen von 16 Millimeter = 7 pariser Linien auf der Oberfläche des Bodens zu erzeugen. Berechnet man darnach den Zeitraum, der zur Bildung der Saarbrücker Steinkohlenformation erforderlich war: so finden sich 672,788 Jahre, mithin $^2/_3$ von dem oben gefundenen Resultate. In beiden Rechnungen ist aber allerdings auf Torfbildung keine Rücksicht genommen.

G. Bischof hat früher auch noch eine andere ganz interessante Berechnung versucht, um annäherungsweise die Zeit zu bestimmen, welche seit der Bildung der Steinkohlen mindestens verflossen sein muß. Diese Berechnung stützt sich freilich auf drei nicht ganz sichere Voraussetzungen: 1) daß die Erde in ihrer Totalität durch Ausstrahlung von Wärme in den Weltraum immer kälter und kälter ge-

worden ist; 2) daß sie zur Zeit der Steinkohlenbildung noch so warm war, daß die Sonnenbestrahlung keinen wesentlichen Einfluß auf klimatische Unterschiede haben konnte, weshalb die Steinkohlenpflanzen fast in allen Erdgegenden dieselben sind, und 3) daß die Schnelligkeit der Erdabkühlung analog der einer heißen Gesteinskugel gewesen, mit welcher zu dem Ende Versuche angestellt wurden. Es ergab sich aus diesen Versuchen und der darauf gegründeten Berechnung, daß seit der Steinkohlenbildung bis jetzt mindestens neun Millionen Jahre verstrichen sein müßten, während dadurch gar nicht ausgeschlossen wird, daß der Zeitraum noch viel größer gewesen sein könne. In einer so langen Periode können natürlich verhältnißmäßig kleine Ursachen sehr große Veränderungen hervorbringen, und es ist diese wahrscheinliche Zeitdauer allerdings zu berücksichtigen, wenn man Torflager oder andere Pflanzenanhäufungen mit Steinkohlenflötzen vergleicht und diese aus jenen ableitet.

Die Kohlen sind für das Leben der Menschen seit einigen Jahrhunderten so ungemein wichtig geworden, daß es wol manchem Leser lieb sein dürfte, hier auch einige flüchtige Winke über ihre Aufsuchung zu finden; ich will deshalb von dem, was ich früher in einer 1846 bei Engelhardt in Freiberg erschienenen kleinen Schrift darüber sagte, Einiges anführen, sei es auch nur, um dadurch von nutzlosen Unternehmungen abzuhalten; denn es kann keineswegs meine Absicht sein, wie es einige neuere Schriften vergeblich versucht haben, dem Landwirth, Fabrikanten, Handwerker ꝛc. Mittel in die Hand zu geben, wie er, ohne Geognost und Bergmann zu sein, jedes irgendwo vorhandene Kohlenlager selbst auffinden, auch seine Bauwürdigkeit untersuchen und abbauen könne; ich will vielmehr nur darauf aufmerksam machen, unter welchen Umständen irgend eine Gegend die genaue Untersuchung auf Kohlen verdient, und unter welchen nicht. Im erstern Falle muß ich dann aber allemal die Laien an Sachverständige verweisen, deren Rath in den meisten Fällen jedenfalls weit billiger sein und schneller zum Ziele führen wird, als das gewissermaßen blinde Umhertappen eines in solchen Dingen Ungeübten.

Das Erste, was man zu thun hat, wenn es sich um die Frage handelt, ob in einer bestimmten Gegend bauwürdige Kohlenlager zu finden seien, wird die Bestimmung der in derselben auftretenden Gesteine oder Flötzformation sein. Wenn eine Gegend nur krystallinische Gesteine enthält, so ist auch mindestens keine Hoffnung vorhanden,

keine Anzeige geboten, in derselben Kohlenlager aufzufinden. Sind aber Flötzformationen vorhanden, so fragt es sich: welche? Ist etwa nur die Grauwackenformation vertreten, so hat man sich wenigstens in Deutschland keine Hoffnung zu machen, bauwürdige Kohlenflötze darin zu entdecken. Jede jüngere Formation gewährt schon etwas mehr Aussichten in dieser Beziehung, am meisten natürlich die Steinkohlenformation und die Braunkohlenformation. Aber auch wenn nur ihre nächsten Bedeckungen (Rothliegendes oder Diluvialgebilde) an der Oberfläche vorhanden sein sollten, so kann man hoffen, in vielleicht nicht allzu großer Tiefe Kohlen unter denselben zu finden. Diese Aussicht nimmt aber natürlich ab mit den relativ zu den Hauptkohlenniederlagen höheren (neueren) Formationen. Eine Kreidegegend bietet z. B. in der Regel kaum einige Hoffnung, unter derselben in erreichbarer Tiefe Steinkohlen aufzufinden; doch ist es nicht geradezu unmöglich, da die Flötzformationen oft sehr lückenhaft übereinander liegen und unter der Kreide möglicherweise sogleich die Kohlenformation folgen kann, wie das in den Ruhrgegenden wirklich der Fall ist. Wir dürfen aber dabei auch die anderen zuweilen kohlenführenden Formationen nicht ganz außer Acht lassen. In Deutschland kennt man namentlich in der Wieldenformation bei Minden ganz bauwürdige Kohlenlager. Die oben aufgestellte Regel bleibt jedoch im Wesentlichen für alle diese Formationen dieselbe.

Wir wollen uns nun den Fall denken, daß man in irgend einer Gegend bereits eine der als kohlenführend bekannten Formationen auch wol schon Spuren von Kohlenflötzen in derselben aufgefunden habe, da wird es denn zunächst darauf ankommen, deren Ausdehnung und Lagerung zu bestimmen. Die Erstreckung an der Oberfläche (das Ausgehende) liefert uns den einen Factor, und die Lagerung den andern, um daraus die wahre Ausdehnung der Formation oder der einzelnen Kohlenflötze zu ermitteln. Unter Lagerung versteht der Geognost die gegenseitige Begrenzungs- oder Verbindungsweise der Gesteine. Bei aus Wasser abgelagerten Gesteinen ist die Art und Weise der Ausdehnung durch die Schichtung angedeutet. Wir können aus der Richtung der Schichten die Richtung der Fortsetzung irgend eines Gesteines schließen, und wenn nicht nach der Ablagerung gewaltsame Störungen eingetreten sind, so wird ein solcher Schluß nicht trügen.

Solche Störungen sind aber allerdings häufig eingetreten und

dürfen nicht übersehen werden. Gewöhnlich sind dergleichen Störungen mit dem Auftreten von sogenannten krystallinischen Massengesteinen verbunden, und jedenfalls muß man, wo solche Gesteine, wie z. B. Porphyre, Pechsteine, Grünsteine, Basalte u. dergl., in der Nähe von Kohlenlagern an die Oberfläche hervortreten, darauf gefaßt sein, daß dadurch die letzteren aus ihrer ursprünglichen Lagerung gerückt sind. Solche Störungen können aber durch Eruptivgesteine nur dann bewirkt worden sein, wenn dieselben neuerer Entstehung sind als die Kohlenlager. Findet man daher Geschiebe des benachbarten Porphyrs oder Grünsteins in den Schichten, die mit den Steinkohlen verbunden sind, so kann man daraus schließen, daß diese Gesteine durch ihre Eruption die letzteren nicht zerstört haben, weil dieselbe bei deren Ablagerung schon vorüber sein mußte. Ebenso ist schon a priori nicht anzunehmen, daß irgendwo Braunkohlenlager durch Granite, Porphyre oder Grünsteine gestört worden wären, weil diese Eruptivgesteine stets älter zu sein pflegen als Braunkohlen, während dagegen Störungen der Braunkohlenlager durch Basalte oft vorkommen. Aber man findet häufig auch Schichtenstörungen in den Kohlenformationen, ohne daß sich dafür der Grund in irgend einem bestimmten an der Oberfläche vorhandenen Massengesteine nachweisen ließe. Es sind dieselben vermuthlich durch erdbebenartige Erschütterungen, Hebungen oder Senkungen, ohne Durchbruch eines Massengesteins bedingt worden.

Für den bergmännischen Kohlenabbau ist eine möglichst wenig geneigte und gestörte Lagerung der Kohlen die günstigste. Nicht unvortheilhaft bewährt sich gewöhnlich die flache Beckenform, schon deshalb, weil in dergleichen Becken die Mächtigkeit der Kohlenlager oft von dem Rande nach der Mitte hin zunimmt. Starke Aufrichtungen, Biegungen oder Verwerfungen wirken immer störend auf den Abbau ein.

Es läßt sich aber das Verhalten der Kohlenlager in der Regel schon aus dem der sie einschließenden oder auch sogar aus dem der sie bedeckenden Gesteine (z. B. des Rothliegenden) erkennen. Zeigen diese eine flache und ungestörte Lagerung, so ist auch von den Kohlenflötzen ein ähnliches Verhalten zu erwarten. Ebenso wird man bei wenig gestörter Lagerung aus dem allgemeinen Einschießen der Schichten auf die Tiefe schließen können, in welcher man ein einmal bekanntes Kohlenlager in gewisser Entfernung von dessen Ausstreichen a z. B. unter b wiederzufinden hoffen kann (Fig. 14).

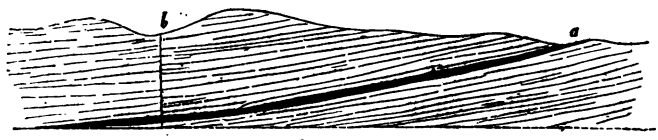


Fig. 14. Einschießen eines Kohlenlagers.

Ist nun also in der fraglichen Gegend die Anwesenheit einer kohlenführenden Formation nachgewiesen, so wird der Laie jederzeit wohlthun, irgend einen erfahrenen Geognosten zu Rathe zu ziehen; denn so einfach die Principien der Kohlenaufsuchung sind, so erfordert ihre richtige Anwendung dennoch eine gewisse Uebung, ein Vertrautsein mit ihrer Handhabung. Der praktisch geübte Geognost, der täglich mit solchen Beobachtungen oder Folgerungen umzugehen gewohnt ist, wird in solchem Falle dem gewandtesten Geschäftsmanne, dem intelligentesten Landwirthe oder Fabrikanten immer noch einen nützlichen Rath geben können, der ihn leichter und sicherer zum Ziele führt. Ich sage das nicht etwa, um meine Wissenschaftgenossen dadurch als recht unentbehrlich darzustellen, sondern lediglich aus demselben Grunde, aus welchem kein gewissenhafter Arzt ein populäres Hausmittelbuch schreiben kann, ohne fast auf jeder Seite zu erklären „bei diesen Symptomen, unter diesen Umständen zieht einen Arzt zu Rathe".

Wir Geognosten besitzen freilich auch kein Fernrohr, mit dem wir das Innere der Erde zu durchschauen vermöchten; aber wir blicken doch etwas tiefer hinein als der hellste Kopf, der sich noch nicht, oder noch nicht lange mit unserer Wissenschaft beschäftigt hat. Gerade die Beurtheilung der Flötzformationslagerungen ist unsere stärkste Seite, für den Flötzbergbau hat unsere Wissenschaft schon sehr viel geleistet, viel mehr als für den Gangbergbau.

Ist nun aber ein geognostischer Rath nicht füglich zu erlangen, dann suche man sich zunächst wenigstens durch die Darstellung auf einer guten Karte ein möglichst genaues Bild von der Verbreitung und gegenseitigen Lagerung der einzelnen Gesteine zu entwerfen. Man drücke das beobachtete Lagerungsverhalten durch ideal unter der Oberfläche fortgezeichnete Grenzlinien auf Profilen und Durchschnittszeichnungen der betreffenden Gegenden aus. Durch solche Darstellungen wird dann jeder denkende Mann von selbst auf die Arbeiten geleitet werden können, welche zunächst nöthig sind, um sich von dem Vor-

handenſein oder der Mächtigkeit und Qualität durch ſchwache Andeutungen erkannter oder vermutheter Kohlenlager zu überzeugen. Freilich kommt dabei dann wieder faſt Alles darauf an, ob die Vorſtellung, die man ſich von der innern Lagerung gemacht hat, richtig war oder nicht. Ein ganz ideales Beiſpiel kann hier viele denkbare Fälle erläutern. Angenommen z. B., man hätte aus der Oberflächenunterſuchung durch das Einſchließen der Geſteinsgrenzen, Schichten ꝛc. auf folgende Lagerungsverhältniſſe zu ſchließen (Fig. 15): ſo würde

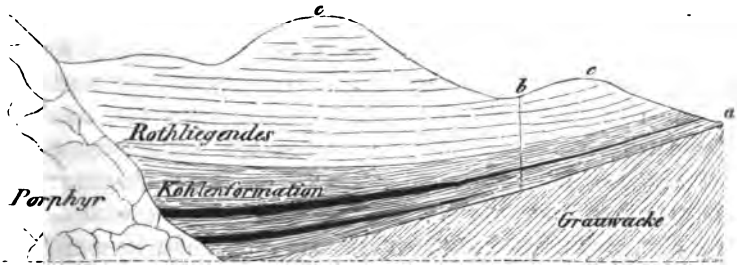


Fig. 15. Idealer Fall für die Aufſuchung von Kohlenlagern.

b damit beginnen, die Kohlenformation bei a durch einen Graben ſogenannten Schurf) in der Richtung von a nach c, d. h. von der Grauwacke auf kürzeſtem Wege nach dem Rothliegenden hin aufzuſchließen. Finden ſich dabei Kohlenlager, ſo wird je nach ihrer Beſchaffenheit entweder der Abbau ſogleich beginnen können, oder wenn ſie am Ausgehenden ſich unbauwürdig zeigen ſollten, was noch kein Beweis iſt, daß ſie nach innen (in größerer Tiefe) unbauwürdig ſind; oder auch, wenn am Ausgehenden der Formation gar keine Kohlenflöze vorhanden ſind, ſo wird man in einiger Entfernung von dem Ausgehenden und zwar natürlich in der Richtung des Einfallens der Schichten z. B. bei b, mit einem Bohrverſuche niederſinken, um von da aus zunächſt die Decke des Rothliegenden und dann die ganze Kohlenformation zu durchbohren, um zu ermitteln, wie viele und wie mächtige Kohlenlager die Formation in der Tiefe enthält. Es verſteht ſich von ſelbſt, daß man bei ſolcher Lagerung, wie in obiger Skizze angenommen, das Bohrloch nicht auf einem Punkt wie c beginnt, ſondern wo möglich in einer Vertiefung, wie da bei b, wo man weniger Mächtigkeit des Rothliegenden zu durchbohren hat. Ebenſo kann und muß man aus dem Grad des

Einschießens bei a im Voraus ungefähr berechnen, wie tief man bei einer bestimmten Entfernung von a niederzubohren haben wird, um die Gauwackenformation zu erreichen, und darnach wird man den Abstand des Bohrpunktes von a wählen, d. h. man wird das Bohrloch nur so weit von a entfernt ansetzen, daß man darauf rechnen kann, die Kohlenformation in der Tiefe von höchstens einigen hundert Fuß zu erreichen, weil ein tieferes Bohrloch in diesem Falle unnöthigerweise sehr kostspielig werden würde; denn bei einigen hundert Fuß unter Tage kann man stets rechnen, die Kohlenflötze schon unafficirt von atmosphärischen Einflüssen vorzufinden.

Ist die Lagerung der Schichten in der ganzen Gegend und besonders auch am Ausgehenden der Kohlenformation sehr regelmäßig und ungestört, so kann ein einziges Bohrloch schon über die wahre Mächtigkeit der etwa durchbohrten Kohlenlager entscheiden; ist das aber nicht der Fall, zeigen sich vielmehr mancherlei Biegungen und Störungen, so kann uns ein Bohrloch weder über die mittlere Tiefe, noch über die wahre Mächtigkeit, ja nicht einmal über die wahre Zahl der vorhandenen Kohlenlager sichern Aufschluß gewähren. Es sind z. B. folgende und viele ähnliche Fälle denkbar (Fig. 16).

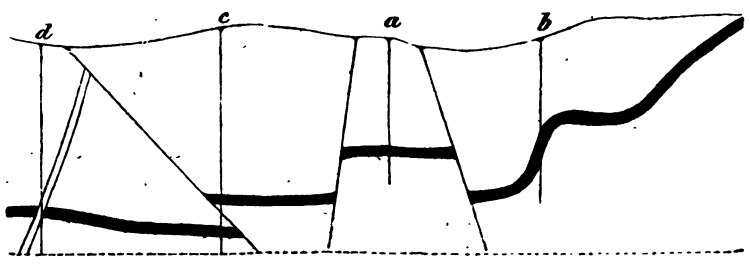


Fig. 16. Mancherlei Störungen eines Kohlenflötzes.

Es wird in vorstehender Skizze leicht zu erkennen sein, daß

1) das Bohrloch bei a die mittlere Tiefe des Kohlenflötzes,

2) das bei b die Mächtigkeit desselben falsch angibt.

3) In dem Bohrloch unter c wird ein verworfenes Flötz zweimal durchbohrt und täuscht demnach über die Zahl der Flötze.

4) Das Bohrloch d endlich hat einen sogenannten Rücken (eine Spaltenausfüllung im Kohlenflötz) getroffen und läßt deshalb das Flötz selbst ganz unbemerkt.

Wo sich Spuren solcher Störungen zeigen, da ist zur Ermittelung des Vorhandenseins, der Tiefe, der Zahl und Mächtigkeit von Kohlenlagern die Niederbringung von mindestens drei Bohrlöchern in einem möglichst gleichseitigen Dreieck nöthig, deren jedes 100—200 Fuß von den andern entfernt ist. Durch drei Punkte läßt sich die Lage jeder Ebene bestimmen; ist daher das Flötz einer Ebene irgend vergleichbar, so wird auch seine wahre Lage und Mächtigkeit durch drei Bohrlöcher wenigstens annäherungsweise bestimmt werden können. Ist es aber sehr gekrümmt oder verschoben, was man schon aus dem Nichtübereinstimmen der scheinbaren Mächtigkeit in den drei einzelnen Bohrlöchern, oder aus dem Nichtübereinstimmen der berechneten Ebene mit dem beobachteten Ausgehenden zu erkennen vermag, so kann, wenn es auf große Genauigkeit der Bestimmung ankommt, die Niederbringung von noch mehren Bohrlöchern in passenden Abständen nöthig werden. — Darüber, sowie zur Ausführung der Bohrlöcher ist dann der Rath erfahrener Geognosten und Techniker insbesondere wichtig, ja nöthig. Das Untersuchen von Steinkohlenlagern durch Bohrarbeiten bleibt selbst für Geübte schwierig und kann durch stetes Hineinbröckeln aus oberen Bohrteufen außerordentlich erschwert, in Bohrlöchern, die nicht mit Röhren ausgesetzt sind, sogar unmöglich gemacht werden. Es sind Fälle bekannt, in denen man schwache Kohlenlager durchbohrt hat, ohne sie zu erkennen.

Ist nun aber die Lagerung, Mächtigkeit und Qualität eines Kohlenflötzes durch Schurf-, Bohr- oder andere bergmännische Arbeiten ermittelt, so ist es dann Gegenstand bergmännischer und mercantiler Berechnung, zu ermitteln, bis zu welchen Tiefen ein Abbau desselben noch rentiren kann.

Ganz von selbst versteht es sich wol, daß die Erfahrungen über die Kohlenführungen bestimmter Formationen vorläufig nur als in gewissem Grade locale, nicht als allgemein, für die ganze Erde gültig anzusehen sind. Für Europa kennt man schon ziemlich die Formationen, in welchen Kohlen zu erwarten sind. In Nordamerika sind dieselben allerdings meist damit übereinstimmend, auch in Neuholland scheinen (nach den sehr ähnlichen Versteinerungen zu urtheilen) die Steinkohlen ungefähr derselben Altersperiode des Erdkörpers anzugehören, wie bei uns. Es würde aber alle wissenschaftliche Berechtigung überschreiten, wenn man daraus schließen wollte, so müsse es in allen Ländern der Erde sein. Das ist vielmehr a priori ganz unwahrscheinlich.

Aus dem allgemeinen Verhalten der Flötzformationen möchte man vielmehr vermuthen, daß in derselben Zeitepoche, in welcher in gewissen Gegenden der Erde Pflanzen wuchsen und Material für spätere Kohlenflötze angehäuft wurde, anderwärts mächtige Ablagerungen von Kalksteinen, Mergel, Thon- oder Sandsteinen mit Meeresmuscheln erfolgt seien; während umgekehrt in den Zeiten, wo z. B. in Europa nur ganz meerische Schichten gebildet wurden, sehr wahrscheinlich an irgend einem andern Orte der Erde die Materialien zu späteren Kohlenlagern sich aufhäuften. Diese Erwartung ist auch wirklich in gewissem Grade bestätigt worden durch den Umstand, daß man im europäischen Rußland an der Stelle der westeuropäischen Steinkohlenformation, und wahrscheinlich ganz aus derselben Zeit herrührend, fast nur Kalksteine, Mergel und Sandsteine mit Meeresmuscheln aufgefunden hat. Diese Erfahrung ist so sehr den Erwartungen einer verständigen Anschauung entsprechend, daß sie den allerdings sehr auffallenden Umstand scheinbar gleichzeitiger Kohlenbildungen in Westeuropa, Nordamerika und Neuholland reichlich aufwiegt, zumal da die genaue Gleichzeitigkeit der neuholländischen Kohlenlager doch noch nicht als völlig erwiesen anzusehen ist. A priori möchte man sie vielmehr sehr unwahrscheinlich nennen, aus den über- und unterliegenden Bildungen geht in Neuholland gar nichts Bestimmendes hervor und die wenigen aufgefundenen Pflanzen, die allerdings den europäischen und nordamerikanischen Kohlenpflanzen sehr ähnlich, aber auch nur sehr ähnlich sind, könnten wol auch in zwei nur nahe, nicht völlig gleichzeitigen Bildungen ziemlich miteinander übereinstimmen.

Ein Vortrag über Braunkohlen, welchen Leopold von Buch am 20. Nov. 1851 der Berliner Akademie der Wissenschaften gehalten, hat seitdem zu sonderbaren Zeitungsberichten Veranlassung gegeben, nach welchen man glauben könnte, Steinsalz sei ein ganz gewöhnlicher Begleiter der Braun- oder Steinkohlen, und es sei möglich, aus der Anwesenheit von Kohlen auf die Nachbarschaft von Salz und umgekehrt zu schließen. Der erwähnte Vortrag, welcher sich mit gewohntem Geist über die Natur und Lagerung der Braunkohlenformation verbreitet, enthält nun aber geradezu gar nichts, was zu einem solchen Irrthum begründete Veranlassung geben könnte; denn wenn es gegen den Schluß hin heißt: „Oberschlesische Braunkohlen führen unmittelbar nach der Gegend von Krakau zum Salzstock von

Wieliczka, und was man vor zwanzig Jahren noch für Träumerei gehalten haben würde, Blätter, Muſcheln und Infuſorien beweiſen auf gleiche Weiſe, daß ſogar die Steinſalzmaſſe von Wieliczka nur der Braunkohlenformation oder dem mittlern Tertiärgebirge zugerechnet werden kann", ſo iſt damit natürlich nichts weiter gemeint, als daß Prof. Unger die ſeit etwa zehn Jahren als tertiär erkannte Wieliczkaer Steinſalzbildung durch die in ihr vorkommenden einzelnen Pflanzenreſte und Infuſorien nun ſogar als eigentliche Parallel- oder Aequivalentbildung der deutſchen, nach L. v. Buch überall miocenen Braunkohlenformation nachgewieſen hat. So ſehen wir denn auch hier für die von dem Hervortreten der Landoberfläche abhängige Braunkohlenbildung eine ganz gleichzeitige und benachbarte marine Ablagerung, in welche freilich auch einige Landpflanzenreſte eingeſchwemmt ſind.

X.

Geschichte des organischen Lebens auf der Erde.

Was sind Versteinerungen? — Ihre Wichtigkeit für die Geologie. — Unvollkommener Zustand der fossilen Organismen. — Ideale Ergänzung der fossilen Welt. — Gesetze der Vertheilung fossiler Organismen. — Abweichung derselben von den jetzt lebenden Thieren und Pflanzen. — Größe derselben. — Entwickelungsreihe der fossilen Organismen. — Vorweltliche Landschaften.

In den aus Wasser abgelagerten geschichteten Gesteinen, welche einen Theil der festen Erdkruste ausmachen, findet man eine Menge Ueberreste von organischen Körpern, sowol von Pflanzen als von Thieren. Man nennt sie gewöhnlich Versteinerungen, Petrefacten oder auch fossile Organismen. Schon die ältesten Naturbeobachter haben dergleichen wahrgenommen; sie hielten dieselben für Ueberreste von solchen Geschöpfen, wie sie noch jetzt auf der Erde leben, und schlossen nur aus der Auffindung von versteinerten Meeresmuscheln mitten auf dem Lande, daß das Meer einst eine andere Verbreitung gehabt haben müsse als jetzt. Gewöhnlich nahm man an, es habe dasselbe einst alles Land bedeckt, und nachher sich in seine jetzigen Grenzen zurückgezogen. Später erkannte man, daß die Formen der versteinerten Organismen zum Theil ganz abweichen von denen der jetzt auf der Erde lebenden Thieren und Pflanzen. Infolge dieser Entdeckung tauchte in den Köpfen einiger Naturforscher die wunderliche Idee auf, diese versteinerten Thiere und Pflanzenformen möchten wol gar nicht von wirklichen Thieren und Pflanzen herrühren, sondern vielmehr bloße Naturspiele (lusus naturae) sein, oder mißlungene Versuche der Natur, Organismen zu schaffen, die nie zur Vollendung gekommen wären, sie seien die ersten Proben des Schöpfers, Thiere und Pflanzen zu machen, bis es ihm endlich gelungen sei, die jetzigen Organismen herzustellen. Diese sonderbare Ansicht konnte natürlich

nicht lange bestehen; durch bessere Beobachtung wurde es ganz deutlich, daß jene Thiere und Pflanzen einst wirklich als solche das Meer oder die Erdoberfläche belebt haben müssen. Man kam nun auf die Annahme einer sogenannten Vorwelt, einer Zeit vor Erschaffung des Menschen und der jetzt existirenden Thiere und Pflanzen, in welcher eine ganz andere organische Bevölkerung auf der Erde existirt habe. In dieser Vorwelt sollte überhaupt fast Alles anders gewesen sein als jetzt, und man schien sich bei ihrer Beurtheilung nur wenig um die jetzt wirkenden Naturgesetze zu kümmern.

Da erkannte William Smith, ein englischer Baumeister, welcher auf seinen Geschäftsreisen viel Steinbrüche zu untersuchen hatte, am Ende des vorigen Jahrhunderts, daß die versteinerten Thiere und Pflanzen in den einzelnen Gebirgslagen keineswegs ungeordnet oder überall gleichmäßig vertheilt sind, sondern daß sie vielmehr in denselben constant verschieden sind, der Art, daß er in derselben Gesteinslage überall, wo er sie in England kennen lernte, auch dieselben Versteinerungen wieder fand, während die darüber und darunter befindlichen Schichten stets andere organische Reste enthielten. Das war ein sehr wichtiger Fortschritt in der Erkenntniß der Sache, der sich seitdem überall bis zu einem gewissen Grade bestätigt hat. Daraus ist die Lehre von der Vertheilung der Organismen in den einzelnen Formationen der Erdrinde hervorgegangen, mit deren Hülfe man nun umgekehrt die Formationen wieder erkennen kann, auch wenn die Gesteine verschieden sind; dadurch hat man überdies erkannt, daß die Annahme einer in sich abgeschlossenen Vorwelt unrichtig war, daß man vielmehr die jetzige organische Schöpfung als das endliche Resultat einer langen ununterbrochenen Entwickelungsreihe betrachten müsse, in welcher immer neue, und in der Regel immer höher organisirte Organismen entstanden, während früher vorhandene ausstarben. So hat sich das organische Leben auf der Erde stets erneuert und vervollkommnet, d. h. es sind nicht nur von Zeit zu Zeit neue, etwas höher organisirte Pflanzen und Thiere zu den früher vorhandenen hinzugekommen, sondern es sind auch stets an die Stelle aussterbender niederer Arten ähnliche getreten, welche in Form und Einrichtung nur so viel von denselben abwichen, als die veränderten physikalischen Zustände der Erdoberfläche, besonders die neuen Temperaturverhältnisse es bedingten. Indem nun während der ganzen Dauer dieses langen Entwickelungsprocesses des organischen Lebens auf der Erde

hie und da Ablagerungen von geschichteten Gesteinen erfolgten, in welchen einige Ueberreste der damals gerade lebenden Thiere oder Pflanzen als Versteinerungen erhalten wurden, mußten diese natürlich in den einzelnen, zu gleichen Zeiten gebildeten Ablagerungen auch ziemlich gleich, und in den zu ungleichen Zeiten gebildeten sehr verschieden sei. Das ist der Grund der Verschiedenheit der Versteinerungen in einzelnen Formationen, welche uns nun befähigt, aus der Uebereinstimmung der versteinerten Formen auf die Gleichzeitigkeit der Ablagerungen zu schließen, selbst dann, wenn diese in ziemlich weit voneinander entfernten Localitäten erfolgten. Von plötzlichen Katastrophen, welche die ganze Erde betroffen und alles organische Leben auf ihr überall mit einem Male zerstört hätten, sodaß dann eine ganz neue Schöpfung desselben nöthig geworden wäre, und von einer mehrfachen Wiederholung solcher allgemeiner Katastrophen, wodurch eine bestimmte Zahl historisch aufeinander folgender Schöpfungen oder Lebensperioden voneinander abgetrennt würden, kann hiernach nicht mehr die Rede sein. Dergleichen Katastrophen mögen wol örtlich (wie noch jetzt in gewissem Grade) eingetreten sein, es ist aber kein Grund vorhanden, anzunehmen, daß solche Vorgänge jemals das gesammte organische Leben auf der ganzen Erdoberfläche zerstört hätten. Wir müssen vielmehr nach dem, was wir gegenwärtig davon kennen, alle organische Formen als gewissermaßen auseinander hervorgewachsen und gegenseitig durcheinander bedingt, überhaupt aber als nach und nach erneuert erachten. Es kann sonach streng genommen weder von bestimmt abgegrenzten Schöpfungsperioden, noch überhaupt von einer scharf unterschiedenen Vorwelt mehr die Rede sein. Auch die jetzigen Organismen sind in gewissem Sinne nur Abkömmlinge der ältesten, sie ragen ungleich tief in die sogenannte Vorwelt hinab, ihr Ursprung ist nicht von gleichem Datum, sie sind offenbar nicht alle in demselben Moment entstanden. Einige von ihnen kommen als Versteinerungen mit längst ausgestorbenen Arten zusammen vor, das erste Auftreten anderer ist von viel neuerm Datum; einige sind sogar in historischer Zeit wieder ausgestorben. Ich will damit noch nicht behaupten, es müßten nothwendig die neuen Arten sich durch Umbildung von Generationen aus den alten entwickelt haben, obwol das nicht ganz unwahrscheinlich ist; ich will damit nur recht deutlich machen, daß gar keine scharfe Grenze zwischen einer Vorwelt und Jetztwelt in der Natur aufzufinden ist, und daß Aehnliches für alle früheren Zeiten zu gelten scheint.

Wir wollen nun dieſe Geſetze der Vertheilung foſſiler Organismen in den Geſteinslagen der Erdrinde etwas näher betrachten, woraus ſich zugleich eine Art von Entwickelungsgeſchichte des organiſchen Lebens auf der Erde von ſelbſt ergeben wird. Es iſt jedoch nöthig, zuvor noch einige flüchtige Blicke auf den Zuſtand der Erhaltung zu werfen, in welchen wir die Verſteinerungen gewöhnlich vorfinden.

Fände man immer vollſtändig erhaltene Thiere oder Pflanzen von Geſtein umſchloſſen, ſo würde ihre genaue Beſtimmung ziemlich leicht ſein. Das iſt nun aber keineswegs der Fall, höchſtens etwa die von Bernſtein umſchloſſenen Inſecten ſind ganz vollſtändig erhalten; die Mehrzahl der Verſteinerungen befindet ſich dagegen in einem ſehr mangelhaften Zuſtande. Gewöhnlich ſind nur die feſteren Körpertheile einigermaßen conſervirt. Von den Pflanzen z. B. Stammtheile, feſte Blätter, oder Samen, aber höchſt ſelten zarte Blüten oder fleiſchichte Früchte, und dabei keineswegs die Blätter und Früchte noch am Stamme ſitzend, ſondern alle einzelnen Theile für ſich. Von den Thieren findet man: Knochen, Zähne, Hörner, Schuppen, Kalkſchalen (Gehäuſe), oder auch wol gar nur ihre Excremente (Koprolithen)

Ein Koprolith (Fiſcherexcrement) aus der Kreideformation.

Ein Koprolith aus der Lias-formation.

Die Fährte eines Chiroſaurus aus dem bunten Sandſtein von Hildburghauſen.

oder die Spuren ihrer Füße (Fährten). Sehr ausnahmsweiſe ſind freilich auch weiche Körpertheile in anderen Geſteinen als Bernſtein erhalten worden, und als ein intereſſantes Beiſpiel der Art verdient der Tintenbeutel von Sepien genannt zu werden, deſſen Inhalt man noch zum Tuſchen benutzen konnte, oder das Fleiſch eines ſibiriſchen

von Eis umschlossenen Mammuths, welches die Hunde verspeisten. Jene festeren Theile sind nun aber nicht einmal immer als solche vorhanden, ihre Substanz ist oft gänzlich verändert, mit oder ohne Erhaltung der innern Textur durch neue Substanz, z. B. durch Kieselerde, ersetzt, oder es ist noch häufiger nur ein Abdruck der äußern oder innern Form (gewisser Höhlungen) übriggeblieben. Die Aufgabe des Geologen ist es nun, aus diesen einzelnen Fragmenten, aus diesen Trümmern oder bloßen Spuren von Thieren und Pflanzen ganze Individuen zu construiren, und diese als gut umgrenzte Arten zu bestimmen. Daß das schwierig ist, und daß dabei mancherlei Irrthümer mit unterlaufen, versteht sich von selbst; gar manchmal mögen die Blätter und die Stammtheile desselben Baumes, die Knochen und die Excremente desselben Thieres für zwei verschiedenen Arten zugehörig gehalten worden sein, und Aehnliches wird auch fernerhin zuweilen geschehen; aber wenn man sich nur der möglichen Fehler stets bewußt bleibt, so kann der Wissenschaft kein großer Nachtheil und keine große Störung daraus erwachsen. Um so erfreulicher ist es auf der andern Seite, die flüchtige Fährte eines Sauriers, der vor Millionen Jahren während der Ebbezeit am Strand seine Nahrung suchte, mit wissenschaftlicher Spürnase endlich bis zur Lagerstätte seiner Knochenreste zu verfolgen, oder aus der Schrittweite eines Vogels, der zur Zeit der bunten Sandsteinbildung im zähen Schlamm umherwatete, die Höhe seines Körpers, von dem man weiter gar nichts kennt, auf 18 Fuß bestimmen zu können. Noch viel mehr aber hat man geleistet in der mikroskopischen Untersuchung der Textur fester Knochentheile. — Auf diesem Wege ist es möglich geworden, irgend eine bestimmte Art aus dem kleinsten Zahnsplitter wieder zu erkennen.

Ich habe bis jetzt nur von der Schwierigkeit der Bestimmung der einzelnen fossilen Arten gesprochen. Noch viel größer werden die Schwierigkeiten, wenn man es versucht, sich ein Bild von der gesammten Flora oder Fauna irgend einer bestimmten Gegend in einer bestimmten Zeitepoche zu machen. Da sind eine Menge Lücken anderer Art zu ergänzen und mögliche Fehler zu berücksichtigen. Nicht alle Pflanzen und Thiere eigneten sich zur Versteinerung, da es manchen, wie den Pilzen, Quallen, Eingeweidewürmern, Nacktschnecken, Räderthierchen und weichen Magenthierchen gänzlich an festen Theilen fehlt; andere fanden keine Gelegenheit zu versteinern, weil sie auf dem Lande, auf hohen Gebirgen, oder gar vorzugsweise in der Luft lebten;

manche seltenere aber können versteinert sein, ohne daß sie bis jetzt in diesem Zustande aufgefunden und erkannt wurden. Die Lücken, die durch alle diese Umstände entstehen, darf man nie übersehen; auf der andern Seite darf man aber auch nicht vergessen, daß durch Flüsse oder durch Meeresströmungen Organismen aus sehr entlegenen Gegenden zusammengeführt sein können, die man nun versucht sein wird, der Flora oder der Fauna einer Gegend zuzurechnen. Jedenfalls darf man das Zusammenvorkommen der einzelnen Arten nur mit großer Vorsicht als einen Grund für ihr einstiges Zusammenleben betrachten. Die Bären, Hyänen, Hirsche, Rehe, Ochsen, Pferde und Elephanten, deren Knochen man zuweilen in dem Schlamme einer Höhle beisammen findet, haben sicher nicht diese Höhlen gemeinsam und friedlich bewohnt. Noch mehr aber sind oft die Niveauverhältnisse des ursprünglichen Aufenthaltsortes durch Hebungen und Senkungen der bereits von Gestein umschlossenen organischen Reste verändert worden. Versteinerte Meeresmuscheln findet man nicht nur auf dem Lande, sondern in hohen Gebirgsketten bis 16,000 Fuß über dem Spiegel des Meeres, und Landpflanzen, die offenbar nicht weit von ihrer Wachsthumsstelle in Kohlen umgewandelt, oder als Abdrücke erhalten sind, finden sich mehre 100 Fuß tief nicht nur unter dem Meeresspiegel, sondern auch wirklich unter den Wogen des Meeres, bis wohin man an den Küsten Englands die Kohlenlager abbaut. In allen diesen Fällen muß also die ursprüngliche Situation sehr verändert worden sein.

Während man gegenwärtig über 100,000 Thierarten und über 80,000 Pflanzenarten auf der Erdoberfläche kennt, beträgt die alljährlich freilich noch sehr wachsende Zahl der fossilen Thiere erst etwas über 25,000 und die der Pflanzen etwa 2000; von diesen 27,000 fossilen Arten kommen aber 24,500 auf Europa und nur 2500 auf die anderen Welttheile, was offenbar hauptsächlich Folge der noch geringern Kenntniß jener anderen Welttheile ist. Diese Zahlen mögen ganz ungefähr den Zustand unserer Kenntniß der fossilen Welt ausdrücken.

Gehen wir nun also zu den Gesetzen der Vertheilung über. Ich will die Hauptresultate sogleich voranstellen, dann wird sich die Bedeutung des Einzelnen um so leichter erkennen lassen. Es sind folgende:

1) Die ältesten Ablagerungen enthalten nur Reste von niedrig organisirten Geschöpfen; blütenlose Pflanzen, Korallen, Weichthiere

und Gliederthiere. Man fand in ihnen erst ganz vor Kurzem geringe Spuren von Fischen und Reptilien, während noch gar keine von Vögeln oder Säugethieren darin gefunden worden sind.

2) Zu jenen gesellen sich in den immer neueren Schichten auch immer höher organisirte Pflanzen und Thiere. In der Steinkohlenbildungszeit schon einige Coniferen, viele Fische und einzelne Reptilien, in der Triasgruppe viele Reptilien und einzelne Vögel, in der Jurägruppe einige dikotyledone Pflanzen und die ersten Spuren von Säugethieren, in der Molassengruppe viele dikotyledone Pflanzen und Säugethiere.

3) Aber auch von den einzelnen größeren Abtheilungen des Pflanzen- und Thierreichs treten immer zuerst die niedersten Organisationsstufen auf, und später erst die höheren. So von den Strahlthieren zuerst die fest gewachsenen Crinoideen, von den Fischen zuerst die Heterocercen, Placoiden und Ganoiden, von den Reptilien zuerst die Saurier, von den Vögeln zuerst die Sumpfvögel und die straußartigen, von den Säugethieren zuerst die Beutelthiere und die walfischartigen.

4) Die Abweichung der organischen Formen von den jetzt lebenden ist in den ältesten Schichten am größten, und wird immer geringer in den neueren Ablagerungen. Die Trilobiten, die Graptolithen, die Goniatiten und die Orthoceratiten gehören gänzlich ausgestorbenen Thierabtheilungen an; ähnlich verhält es sich bei den ältesten Pflanzenformen, während später nur noch die Gattungscharaktere und zuletzt nur die Charaktere der Arten abweichend sind.

5) Noch lebende Arten größerer Organismen treten aber erst oberhalb der Kreide in versteinertem Zustande auf, und ihre Zahl nimmt allmälig zu vom Anfang der Tertiärzeit bis zu ihrem Ende.

6) Obwol die Abweichung von der lebenden Schöpfung in den ältesten Schichten am größten ist, so ist doch die Mannigfaltigkeit der Formen in ihnen am geringsten, und namentlich ist dort noch keine Verschiedenheit nach Zonen oder anderen klimatischen Verhältnissen bemerkbar, diese gibt sich erst von der Kreidezeit an deutlich zu erkennen. Vorher trugen alle Organismen der Erde einen so zu sagen tropischen Charakter an sich, d. h. man findet unter allen Breitegraden Thiere und Pflanzen, welche nur in einem warmen Klima gelebt haben können.

7) Dabei zeigen sich aber schon sehr früh die Unterschiede von

Bewohnern des Meeres, der süßen Gewässer und des Landes, sowie der ungleichen Tiefen des Meeres. Wenn die Meeresbewohner in der Summe der Schichten sehr vorherrschen, so ist das wol nur eine Folge davon, daß die meisten Ablagerungen auf dem Boden des Meeres gebildet worden sind.

8) Daß die Thier- und Pflanzenarten in den einzelnen aufeinander folgenden Formationen sehr verschieden sind, geht, wie wir bereits gesehen haben, ganz nothwendig aus ihrer allmäligen Entwicklung und steten Aenderung der Formen hervor. Nirgends aber ist zwischen den unmittelbar nacheinander gebildeten Ablagerungen eine scharfe Grenze, eine plötzliche Umgestaltung aller Formen zu finden. Wo es eine Zeit lang so schien, hat sich später in der Regel irgendwo ein vermittelndes Zwischenglied gefunden, welches örtlich fehlt, aber dazwischen gedacht, die Lücke ausfüllt.

Wir haben es demnach mit einer langen Entwickelungsreihe zu thun, die gleichsam von einem Nullpunkt ausgehend bis zu den gegenwärtigen Zustande leitet.

Man glaubt gefunden zu haben, daß das Erscheinen der verschiedenen Klassen, Ordnungen oder Familien von organischen Wesen immer mit solchen Formen beginne, welche keiner ihrer jetzt noch existirenden Unterabtheilungen angehören, die vielmehr oft eine Erweiterung des Charakters der Hauptabtheilungen, wie er für die lebend bekannten Formen aufgestellt worden ist, nothwendig machen. Diese Urtypen bilden oft gleichsam die Keime, aus denen sich später mehre verwandte Formenreihen entwickelt zu haben scheinen, welche sich immer selbständiger ausbildeten und deren Endglieder nun sehr verschieden sind. So sehen wir die Fische mit einer Artengruppe beginnen, die so wenig Fischen ähnlich sieht, daß man sie eine Zeit lang für Krebse oder für große Wasserkäfer gehalten hat (s. S. 241). Zu den ältesten Reptilien gehören die Labyrinthodonten, die man bald als in Frösche verwandelte Krokodile, bald als Frösche mit aufgeimpften Krokodilcharakter bezeichnete. Die Vögel beginnen mit einer Gruppe, von der man im Sandstein von Massachusetts nur die Fährten, aber mit 7 Fuß Schrittweite gefunden hat, wornach sie wol doppelt so groß als unsere größten Strauße gewesen sein müssen. Mit zu den ältesten Säugethierresten gehört außer den in der englischen Juraformation gefundenen Didelphiskinnladen der sogenannte Hydrarchos (Zeuglodon), ein Fischsäugethier von ungeheurer Länge und sehr abweichender Form, weshalb

man ihn eine Zeit lang für eine Seeſchlange oder für einen Saurier gehalten hat. Aehnliche Miſchgeſtalten eröffnen auch die Reihe der Corallen als Graptolithen, die der Seeſterne als Crinoideen und Cyſtideen, die der Krebſe als Trilobiten und die der Tintenfiſche als Orthoceratiten, Belemniten u. ſ. w.

Aber es gibt auch bedeutende Abtheilungen der organiſchen Reiche, in denen ſich nichts der Art nachweiſen läßt, und es gibt auf der andern Seite Klaſſen und Ordnungen, die auch jetzt aus unter ſich ſo unähnlichen Unterabtheilungen zuſammengeſetzt ſind, daß man von einer jeden derſelben, wenn ſie etwa nur ausgeſtorben aufträte, daſſelbe ſagen könnte. Wir erſtaunen über jene ſonderbaren Formen der Saurier, mit welchen die Klaſſe der Reptilien beginnt, aber würden wir nicht ebenſo ſtaunen, wenn etwa die Fröſche oder gar die Schildkröten den Reigen eröffneten und jetzt gänzlich ausgeſtorben wären? In welche Verlegenheit würden die Zoologen gerathen, den erſt ſeit wenigen Jahren entdeckten Lepidosiren etwa nur im foſſilen Zuſtande zu finden: einen Fiſch, der neben den Kiemen auch Lungen hat und der daher eine Zeit lang für ein Reptil gehalten worden iſt? Würden ſie ein ſo unſyſtematiſches Thier überhaupt richtig zu deuten verſtehen? Oder wenn das mit dem Dudu der Fall geweſen wäre, einem ſehr ſonderbaren

Der Dudu der mascariſchen Inſeln.

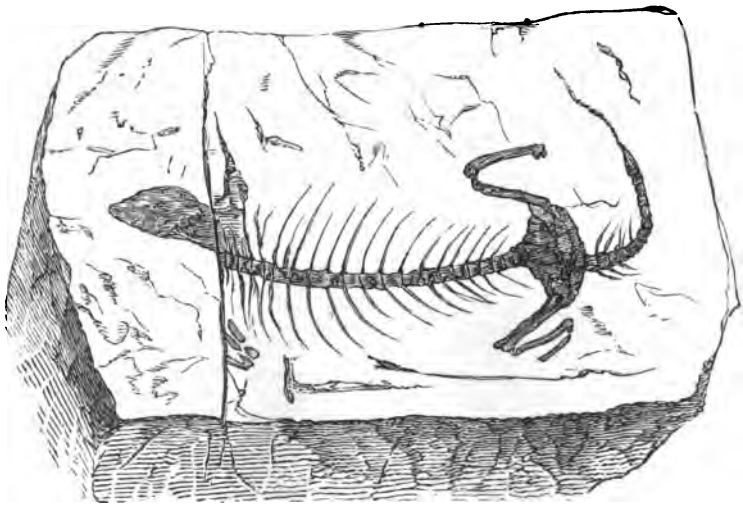
Vogel, der auf den mascarischen Inseln erst seit 100 oder 200 Jahren ausgestorben ist? den man der Reihe nach unter den Fettgänsen, bei den Sumpfvögeln, unter den Hühnern, als Riesentaube und als Geier in das System unterzubringen suchte. Würde das nicht ein vortrefflicher Urkeim für alle möglichen Vögelarten sein, ein wahrer Universalvogel, wenn nicht ein Spaßvogel, der alle Systematiker verspottet? Oder wenn statt der Vogelfährten im rothen Sandstein von Massachussetts deutliche Reste des Kiwi gefunden würden, dieses fabelhaften Vogels ohne alle Flügel, der kürzlich zum ersten Male lebend

Der neuseeländische Kiwi.

nach Europa gebracht und im zoologischen Garten von Regents-Park zu London aufbewahrt worden ist, dessen Knochenbau sich dem der Strauße nähert, während der Schnabel wie bei einem Strandläufer gestaltet ist. — Der Kiwi ist die einzige noch lebende Art einer übrigens gänzlich ausgestorbenen Abtheilung von Vögeln, aus der auf Neuseeland und in Australien ziemlich viele, zum Theil riesengroße fossile Knochen gefunden werden. Man pflegt solche Formen zuweilen wol vorweltliche, antediluvianische zu nennen, und es ist etwas Wahres an dieser Bezeichnung. Sie passen nicht mehr recht in die heutige Schöpfung, es sind aussterbende Arten, die Känkerus und die Schnabelthiere Australiens gehören auch dazu.

Die besondere Größe einiger vorweltlicher Thiere, wie des Mammuths, des Riesenfaulthieres (Megatherium), des Hydrarchos, einiger besonders großer Vögel und Reptilien, der ellenlangen Orthoceratiten, der Ammoniten, so groß wie Wagenräder, der baumförmigen Farren, Schachtelhalme und Lykopodien hat die Meinung erweckt, daß die Thiere und Pflanzen der sogenannten Vorwelt überhaupt nach einem größerm Maßstabe gebildet worden seien. Neben jenen einzelnen Riesenthieren hat es indessen zu allen Zeiten auch sehr kleine, ja mikroskopisch kleine Thierchen gegeben, und es können jene größeren Maße nicht als eigenes Gesetz, sondern nur als Folge anderer Lebensverhältnisse angesehen werden. Wir finden die größten der lebenden Landsäugethiere und Reptilien in den größten Continenten, in den wärmsten Ländern, und da, wo ihre Klasse, Ordnung u. s. w. überhaupt am zahlreichsten entwickelt ist, d. h. wo die Lebensbedingungen am günstigsten für sie sind. Ebenso die größten Vögel, nur daß die Ausdehnung des Continents weniger Einfluß auf ihre Größe hat. Die größten kryptogamischen Gefäßpflanzen (Baumfarren) und Monokotyledonen (Palmen) leben jetzt in den heißesten Ländern, aber manche jetzige Laub- und Nadelholzbaumarten werden viel größer (höher und stärker) als irgend ein kryptogamischer Baum zu irgend einer Zeit geworden ist; sie übertreffen an Größe bei weitem alle Pflanzen der Vorwelt. Aehnlich ist es mit den Walfischen; auch ihr Volumen wurde wahrscheinlich von keinem antediluvianischen Thiere erreicht. Sie leben, wie die längsten Pflanzen (gewisse viele hundert Fuß lange Fucoideen- oder Seetange), im weiten Ocean. Und sie mögen auf die Größe eines Theiles der früheren Erdbewohner ähnliche Ursachen gewirkt haben, ohne daß man berechtigt wäre, die Flora oder Fauna der sogenannten Vorwelt überhaupt als eine riesige zu bezeichnen.

Die ältesten Gesteinsablagerungen, in denen überhaupt schon organische Reste vorkommen, die Grauwackenbildungen, enthalten, wo sie bis jetzt bekannt sind, nur wenige Pflanzen, und zwar lauter blütenlose (kryptogamische), z. B. Farren, Lykopodiaceen, Equisetaceen und Sigillarien. Dagegen enthalten sie sehr viel Meeresthiere, jedoch nur solche von ziemlich niederer Organisation, z. B. Corallen, Crinoideen, Cephalopoden, Mollusken, Triboliten und erst in den oberen Abtheilungen auch einige Fische nicht nur von verhältnißmäßig sehr niedriger, sondern auch von ganz abnormer Organisation. Nur erst in der allerneuesten Zeit hat man in der obern Grauwacke Schottlands



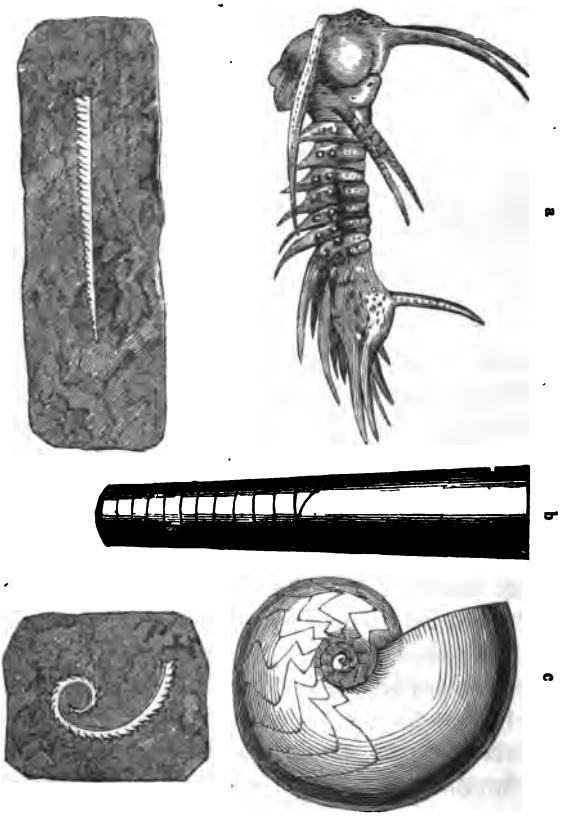
Telerpeton Elginense.

auch ziemlich deutliche Reſte eines Telerpeton Elginense genannten Reptils (ſiehe vorſtehende Figur) gefunden, welches ein Mittelding zwiſchen Salamander und Eidechſe geweſen zu ſein ſcheint, und in der untern Grauwacke am Lorenzſtrom in Nordamerika die Fußſpuren einer Schildkröte.

Dieſe, die Fiſche und die weit häufigeren Trilobiten waren damals die höchſten Stufen des Thierreichs. Am bezeichnendſten für dieſe Epoche ſind die Orthoceratiten, die Goniatiten und die Trilobiten, an einigen Localitäten auch die Graptolithen, (vgl. S. 240). Die Trilobiten ſind ſchon mit zuſammengeſetzten Augen bewaffnet und verrathen dadurch den jetzigen analoge Beleuchtungsverhältniſſe.

Die wenigen Fiſchreſte, die man in den oberen Grauwackenbildungen findet, gehören alle zu den Placoiden und Ganoiden, welches die niederſten Fiſchordnungen ſind, während drei Viertheile der gegenwärtig lebenden Fiſcharten den höher organiſirten Cycloiden und Ctenoiden angehören. Unter jenen älteſten Fiſchformen ſind aber zwei von ganz beſonderm Intereſſe, ſowol durch ihr abenteuerliches, von den jetzigen Fiſchen abweichendes Anſehen, als dadurch, daß ſie gleichſam als Uebergangsformen aus der Klaſſe der krebsartigen Thiere in die der Fiſche anzuſehen ſind. Den einen dieſer Fiſche hat man Cephalaspis genannt (ſ. S. 241, Fig. a). Sein Leib iſt mit ſtarken

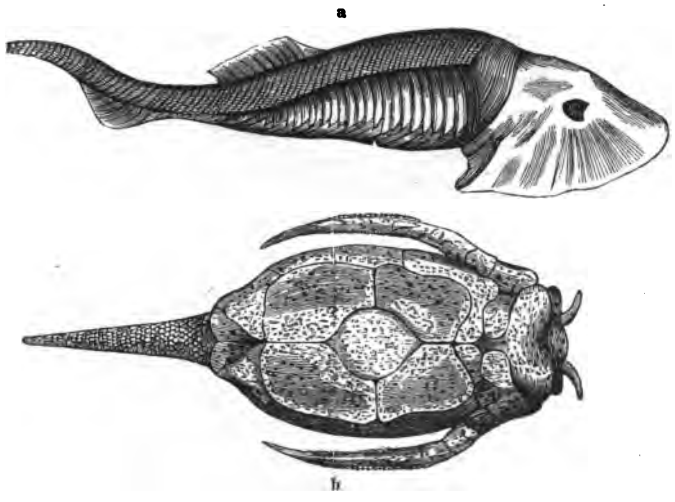
Knochenplatten bedeckt, und auch der Kopf bildet eine breite, ſchildförmige Platte. Der andere, Pterichtys (ſ. S. 241, Fig. b), iſt durchaus von großen Knochenplatten umgeben, und hat ein Paar kleine, flügelartige Anhängſel. Beide aber beſaßen noch kein ordentlich ausgebildetes Wirbelſkelett, ſondern nur knorpelige Anfänge eines ſolchen, der Art, wie es ſich bei den höher organiſirten Fiſchen im Embryonen-



a Arges armatus. *b* Orthoceratites. *c* Goniatites. *d* und *e* Graptolithes priodon.

zuſtande findet. Gewiß iſt das ſehr bedeutungsvoll, daß die älteſten Fiſche in gewiſſem Grade dem Embryonenzuſtande der jetzt lebenden höher organiſirten entſprechen; es ſpiegelt ſich darin gleichſam der allmälige Entwickelungsproceß des Individuums, und dieſe merkwürdige Erſcheinung läßt ſich noch in ſehr vielen Fällen nachweiſen. Das Individuum durchläuft in ſeinem Entwickelungsgange vom kaum

belebten Ei aus eine Reihe immer höherer Stufen der Organiſation; gehört es der Klaſſe der Säugethiere an, ſo zeigt es vor der Geburt nacheinander gewiſſe Analogien mit einem wirbelloſen Thiere, mit einem Fiſch und mit einem Vogel. Und dieſes Aufſteigen des Individuums auf der Stufenleiter der Organiſation entſpricht wieder in gewiſſem Grade der geologiſchen Entwickelung der geſammten Thierwelt. Die einzelnen Abſtufungen zeigen vielfach Analogien mit vor-

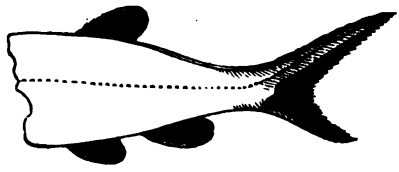


a Cephalaspis Lyelli. *b* Pterichtys latus.

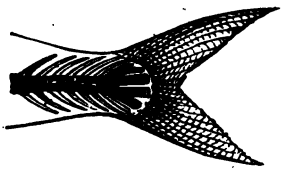
weltlichen Formen. Das Individuum durchläuft ſomit gleichſam in der kurzen Zeit ſeiner Ausbildung noch einmal den langſamen Proceß der ganzen Schöpfungsgeſchichte.

In dem Kohlenkalkſtein geſellen ſich zu den abenteuerlichen Fiſchformen der Grauwacke eine große Zahl ſchon etwas weniger von den jetzt lebenden Fiſchen abweichende. Immer noch aber zeichnen ſie ſich durch eine ſehr ſonderbare Eigenſchaft aus, ſie beſitzen nämlich alle einen unſymmetriſchen Schwanz, indem die Wirbelſäule in den obern Schwanzlappen ausläuft, während bei allen lebenden Fiſchen mit alleiniger Ausnahme der Haie, Störe und Knochenhechte dieſelbe am Anfange des Schwanzes und zwar in der Mitte des Körpers endigt. Man hat jene unſymmetriſchen Schwänze heterocerc genannt, die ſymmetriſchen dagegen homocerc. Fiſche mit homocercen Schwän-

zen findet man erst von der Leiasformation an aufwärts, alle älteren sind heterocerc. Nun ist es aber, wie gesagt, eine merkwürdige, durch Carl Vogt nachgewiesene Thatsache, daß der heterocerce Schwanz bei



Ein heterocercer oder unsymmetrischer Fischschwanz.



Ein homocercer oder symmetrischer Fischschwanz.

den höher organisirten Fischen, z. B. bei den Salmen, während einer gewissen Phase ihres embryonalen Zustandes existirt und erst später sich in einen homocercen verwandelt. Also auch hier wieder bestätigt sich das Gesetz des Fortschrittes, und ähnlicher Beispiele ließen sich sehr viele aus allen Klassen des Thierreichs anführen.

Die eigenthümliche Flora der Steinkohlenzeit haben wir im vorigen Abschnitt und S. 157 kennen gelernt. Als höchste Stufe des Thierreichs hat man auch aus dieser Periode nur einige undeutliche Reste von Reptilien gefunden.

In der Zechsteinperiode herrschten im deutschen Meere die Fische vor. Mit ihnen lebten viele Producten (vgl. S. 155). Von Reptilien sind aus dem Zechsteine nur äußerst wenige Ueberreste gefunden worden, welche einem eidechsenartigen Thiere angehörten, dem Protorosaurus, dessen Form man aus den aufgefundenen Fragmenten ergänzt hat. Man hielt dieses eine Zeit lang für das älteste aller Reptilien.

Protorosaurus.

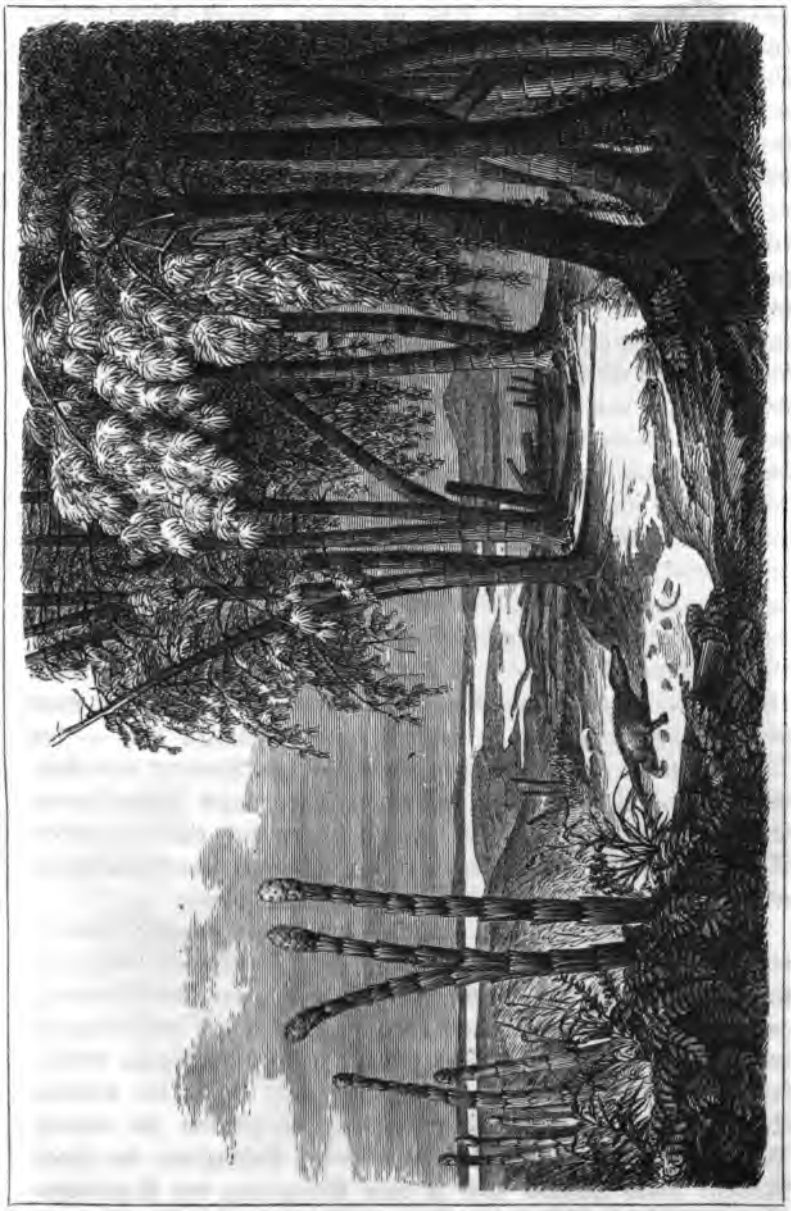
Meer in der Muſchelkalkperiode. Ein Saurier klettert auf einen Baumſtamm; Encriniten (Seelilien), Ceratiten, Nautilen und allerlei Muſcheln liegen auf dem Boden.

Die Reptilien sind dann in der Triasgruppe zur gänzlichen Herrschaft gelangt. Fährten und Knöchen in Menge sind von ihnen aufgefunden worden, aber noch gänzlich abweichend von allen lebenden Arten. — Auch Fischreste fehlen aus dieser Zeit nicht. An die Stelle der Goniatiten sind in der Ordnung der Cephalopoden die Ceratiten getreten. Zahllose Muschelgattungen bevölkerten das Meer (vgl. S. 243 u. S. 153).

An seinen Ufern wuchsen, in der Zeit der bunten Sandsteinbildung, baumförmige Schachtelhalme, Voltzien und Farrenkräuter, und aus Nordamerika kennt man aus dieser Zeit Fußeindrücke von riesigen, vermuthlich unsern Schnepfen etwas ähnlichen, gegen 18 Fuß hoch geschätzten Vögeln, die aber gewiß noch eine sehr untergeordnete Rolle spielten. — In der von Unger componirten Landschaft aus der Keuperperiode (S. 245) herrschen baumförmige Schachtelhalme durchaus vor. — Im Vordergrunde erblicken wir außerdem einige Cycadeen und dahinter einige binsenartige Sumpfpflanzen, welche Palaeoxyris genannt worden sind. Dieses Binsendickicht scheint der Lieblingsaufenthalt der plumpen Reptilien zu sein, welche davor lustwandeln; es sind Labrinthodonten, wahrscheinlich von ähnlicher Form wie die, welche im deutschen bunten Sandstein so häufig Fußeindrücke hinterlassen haben.

Obwol in den oberen Schichten der Juragruppe einzelne Reste von Landsäugethieren einer niedern Ordnung aufgefunden worden sind, so waren doch sicher auch in dieser Zeit noch die Saurier die eigentlichen Beherrscher der Erde, und namentlich des Meeres. Mit den abenteuerlichsten Gestalten belebten sie den Ocean und seine Küsten. Die gefährlichsten Raubthiere für das zahlreiche Heer der Fische, die noch immer nur aus Glanzschuppern und Placoiden, aber häufig schon mit symmetrischem Schwanz bestehen.

Der Holzschnitt auf S. 247 zeigt uns die größeren Bewohner der Jurameere und ihrer Ufer auf einen kleinen Raum zusammengedrängt und nach allen Richtungen in voller Lebensthätigkeit. Diese vorweltliche Scene ist freilich etwas phantastisch, dadurch aber vielleicht besonders geeignet, die Aufmerksamkeit auf sich zu lenken. Oben in der Luft sehen wir zwei große fliegende Eidechsen aus der drachenähnlichen Gattung Pterodactylus, vielleicht ein traulich scherzendes Pärchen oder zwei in Eifersucht kämpfende Rivalen. Wäre das Letztere der Fall, so hätten sie in der Hitze des Kampfes seinen Preis ganz



Landſchaft der Keuperperiode

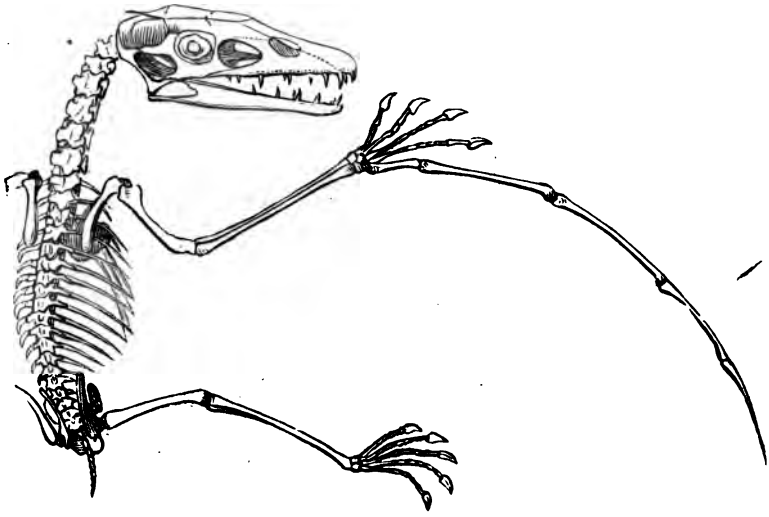
aus den Augen verloren. Das unglückliche Pterodactylusweibchen erliegt dort hinten links am Ufer soeben der hungrigen Sehnsucht eines langhalsigen Plesiosaurus, er hat es am fledermausartigen Flügel erhascht und wird es trotz seines lauten Schreiens schwerlich wieder loslassen. Könnten wir doch die melodische Stimme vernehmen, aber diese Tonwellen sind seit Millionen Jahren verklungen. Weiter nach vorn lagert am Ufer unter Palmen, Musen, Cycadeen und Farrenbäumen ein mächtiges Krokodil, das, nach der Rundung seines Leibes zu schließen, wol schon zu Mittag gespeist hat. Demungeachtet scheint es noch auf ein wohlschmeckendes Dessert zu lauern. Eine durch tüchtige Panzer geschützte Seeschildkröte, auf die es neidisch herüberschaut, ist ihm indessen zuvorgekommen, hat ein prächtiges Belemnitenthier erhascht und ist soeben beschäftigt es aus dem Meere hervorzuziehen, vielleicht um sich dadurch gegen die unangenehme Ergießung des Tintenbeutels zu schützen. — Noch weiter nach vorn, schon unter dem Wasser, sehen wir eine ähnliche Schildkröte im ungleichen Kampf mit einem Plesiosaurus, der sie bereits bei dem unvorsichtig hervorgestreckten Kopfe erhascht hat. Unter ihm verschlingt ein Ichthyosaurus soeben einen vollständigen Ammoniten, während ein anderer Ammonit und ein großer kurzschwänziger Seekrebs hinter ihm ihr Heil in eiliger Flucht suchen. Nahe über dem Meeresboden, auf dem schon manches Gerippe und manche leere Muschelschale liegt, leuchten uns ein paar feurige Augen entgegen, sie gehören einem gefräßigen Hai — des Meeres Hyäne — an, der soeben einen tüchtigen Hummer zermalmt. Ein paar friedliebende Fische und ein drolliger junger Ichthyosaurus schauen verwundert zu. Der letztere scheint aus einem zierlichen Pentacrinitenbusch hervorzukommen, der sich hier vom Meeresboden erhebt und ihm vielleicht soeben zum Spielplatze diente.

Ueber diesem Stillleben erblicken wir wieder grausige Scenen, nichts als Raubgier und Gefräßigkeit. Im Hintergrund verschlingt ein Mystriosaurus einen breiten Fisch aus der Ordnung der Ganoiden, ganz vorn aber, und schon halb über dem Wasser, hat Ichthyosaurus der stämmige und grausame Beherrscher des Jurameeres einen Plesiosaurus beim Schwanenhalse gepackt, der Art, daß in der nächsten Secunde Kopf und Rumpf sicher voneinander getrennt sein müssen. Diese üble Situation veranlaßt den armen Gefangenen im letzten Moment seines Daseins noch zu einer Ablagerung von Koprolithen seine Beiträge zu liefern.

Thierſcene aus der Juraperiode.

Doch wenden wir uns ab von dieſen ſchauerlichen Beiſpielen vorweltlicher Gefräßigkeit. Darüber hinweg finden wir eine wahrhaft idylliſche Scene, bunte Nautilen ſchaukeln mit weit ausgeſpannten Segelarmen auf den Wogen des Meeres. Sie ziehen friedlich am palmengeſchmückten Ufer entlang, freuen ſich des warmen Sonnenſcheins und ihrer Kunſt zu ſegeln. So lebten von Anfang an auf unſerm Erdenrunde Haß und Liebe, wilder Kampf und beſeligender Friede in kleinem Raume beiſammen.

Jene Saurier waren die großen Barone in Neptun's Reich, bis an die Zähne gewappnet mit angeborner Rüſtung, jeder Zoll ein Raubritter des Meeres; ganz abweichend von allen heutigen Reptilien mit Floſſen ſtatt der Füße, oder mit Flughäuten an den langen bekrallten Vorderbeinen: Ichthyoſaurier, Pleſioſaurier, Pterodactylen und wie ſie ſonſt noch heißen mögen, dieſe Lindwürmer und Drachen der Jurazeit, deren Geſchlecht längſt von der Erde vertilgt, deren Stammbaum verdorrt iſt. Die folgende Abbildung zeigt das Skelett eines



Pterodactylus crassirostris aus dem Kalkſchiefer von Solenhofen.

ſolchen Pterodactylus, während auf der ruhigern Landſchaft der Juraperiode (S. 249) ebenfalls einige daraus conſtruirte Beſtien dieſer Art in der Luft ſchweben, hoch über einen Pleſioſaurus der ſeinen langen Schwanenhals raubgierig aus den Fluten hervorſtreckt, während

Landſchaft der Juraperiode.

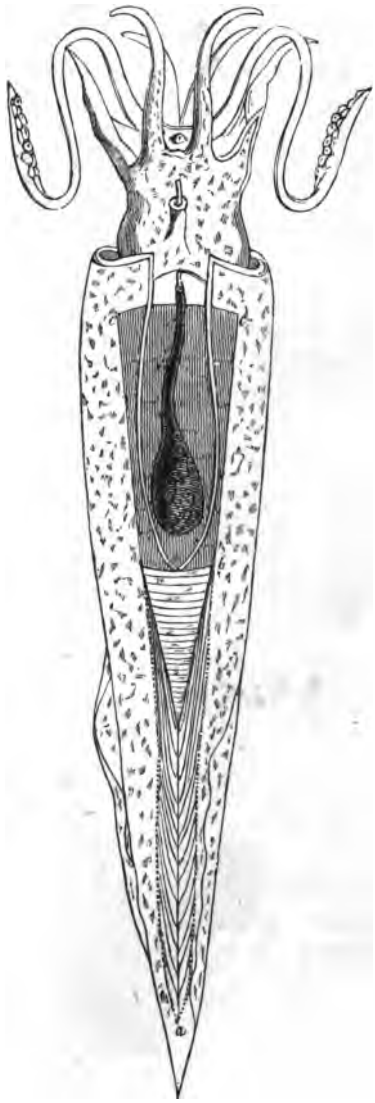
die sterblichen Ueberreste eines Ichthyosaurus links in der Ecke auf das Ufer geschleudert sind.

Dasselbe Meer wurde aber bevölkert von einer großen Schar sonderbarer und zum Theil sehr zierlicher Gestalten, die meist ein weit friedlicheres Leben führten. — Milliarden von Corallenthieren bauten emsig an steinernen Riffen, am Boden festsitzende Crinoideen breiteten ihre Arme nach unschuldiger Beute aus, vielleicht in der Stille ihre weit ungebundeneren Stammverwandten beneidend, die Seesterne und die Meerigel der verschiedensten Art, welche lustig umherschwammen. Aber die meisten dieser Formen sind noch ebenso abweichend von den jetzt lebenden, als die der zahlreichen Ammoniten und Belemniten, welche die Stelle der Ceratiten und Orthoceratiten eingenommen haben (vgl. S. 252), während Sepien und Nautilen sich schon mehr den jetzt lebenden näherten. Dazu die zahllose Bande von ein- und zweischaligen Muscheln, von Krebsen der verschiedensten Art und in der Nähe der Küsten selbst von über dem Wasserspiegel flatternden Libellen. Auf dem Lande schon eine ganz andere Vegetation als zur Steinkohlenzeit, aber auch noch ganz anders als jetzt, und immer noch ungestört durch große Pflanzenfresser.

Unger hat uns durch die Landschaft auf voriger Seite diese Zeit zu vergegenwärtigen gesucht. Cycadeen, Palmen und Farren gruppiren sich am Ufer wie auf den ferneren flachen Coralleninseln. Der große Stamm in der Mitte ist ein Pterophyllum, mit breitem gefiederten Laube, eine ausgestorbene Abtheilung der Cycadeen vertretend. Stolzer erheben sich die gefiederten Kronen einiger Zamiten mit zapfenförmigen Früchten rechts am Ufer. Das niedere Buschwerk besteht aus Cycadeen und Farrenkräutern, über dasselbe hinweg schreiten wie auf Stelzen einige Bandanen, von denen man bis jetzt nur die großen kugeligen Früchte im fossilen Zustande kennt. Das Alles wäre schon recht freundlich und lieblich, lauerten nicht im Wasser wie in der Luft jene häßlichen Bestien überall auf den Raub. Und selbst das nachbarliche Land ist nicht frei davon, wie uns die S. 251 dargestellte Gruppe einer Iguanodonfamilie aus dem letzten Abschnitte der Juraepoche (Wielden) zeigt. Diese sonderbaren Gestalten der Vorwelt sind wahrscheinlich die ersten, welche auf meinen Vorschlag eine Anwendung in der bildenden Kunst erfahren haben. Herr Professor Heuchler hat sie kürzlich als Füße für eine silberne Fruchtschale angewendet, welche auf bergmännischen Scenen ruht und von

Iguanodonfamilie aus dem letzten Abſchnitt der Juraepoche (Wieden).

dem Freiberger Revierausſchuß Sr. Königl. Hoheit dem Prinzen Albert von Sachſen überreicht wurde. Die Vorwelt trägt da ſehr ſinnig das bergmänniſche Leben der Jetztwelt, und beide dienen als Baſis für die Früchte unſerer Sonnenwelt.



Ein ideal ergänzter Belemnit.

Wir treten nun in die Kreidezeit ein. Jene gräulichen Seeräuber ſind verſchwunden, nur wenige und etwas andere Saurierformen ſind an ihre Stelle getreten. Um ſo häufiger ſind haifiſchartige Beſtien; die Ammoniten fangen an zu verkrüppeln, ſtatt regelmäßige Spiralen zu bilden, krümmen ſie ſich unregelmäßig oder ſtrecken ſich zu geraden Stäben (Hamiten, Turriliten, Skaphiten, Crioceren und Baculiten). — Auch die Belemniten werden ſelten. Die Schnecken und Muſchelformen wie die der Corallen und Strahlthiere nähern ſich etwas mehr denen der Gegenwart. Unter jenen Fiſchen treten zahl-

Belemnit. Die Scheide mit dem Alveolkegel, welche man gewöhnlich allein verſteinert findet.

reiche Kreisſchupper und Kammſchupper auf, die bisher noch ganz fehlten, während eine große Zahl der früheren Familien vom Schauplatz verſchwunden iſt. Unermeßliche Schwärme mikroſkopiſch kleiner Thierchen liefern durch ihre Kalkſchalen das Material zu den Kreidefelſen.

Am Ufer wuchſen Laub- und Nadelhölzer nicht mehr allzu verſchieden von denen unſerer Wälder. Aber unter allen dieſen Formen iſt noch keine einzige Species, welche gegenwärtig lebend exiſtirt, es iſt immer noch eine von der heutigen ganz verſchiedene Lebenswelt. Erſt über der Kreide begegnen wir einzelnen, und nach und nach immer mehr lebenden Arten im foſſilen Zuſtande.

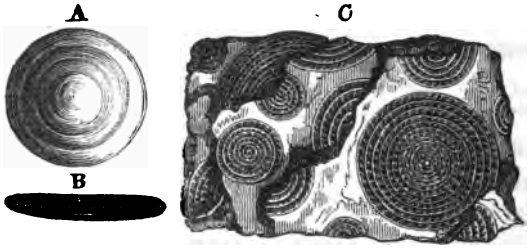
In der ſogenannten Tertiärzeit (Molaſſezeit) waren die Säugethiere bereits die Herrſchenden auf der Erde, aber noch ohne ihr heutiges Haupt, den Menſchen. Wie aber ihre erſten Vorläufer, die Didelphisarten der Jurazeit, einer ſehr tief ſtehenden und, bedeutungsvoll genug, jetzt dem gänzlichen Ausſterben entgegengehenden, alſo ſchon halb vorweltlichen Ordnung angehören, ſo finden wir auch nun zuerſt die niedriger organiſirten Pflanzenfreſſer, und erſt nach ihnen die im Syſtem wie im Leben höher rangirten Raubthiere, als Schluß der Tertiärzeit den Affen. Das Dinotherion mag als ein Repräſentant

Dinotherium giganteum.

der Säugethiere dieſer Periode zeigen, wie abweichend von der Jetztwelt immer noch manche Formen waren. Es ähnelt einem Elephanten, aber ſeine Stoßzähne ſind nach unten gekehrt, man glaubt, es habe

ſie in dieſer Stellung benutzt, um ſich damit an ſteilen Ufern empor-zuziehen. Manche Säugethiere ſcheinen in dieſer Periode beſonders groß geweſen zu ſein, ſo die Megatherien, Mammuths und Maſto-donten.

Im Anfang dieſer Periode tritt uns noch einmal eine neue und in ihrer Mehrzahl bald wieder ausgeſtorbene Gruppe von Organis-men in Geſtalt der nummulitenartigen Thiere entgegen, welche ganze Geſteinsablagerungen (die Nummulitenkalkſteine) in den Umgebungen des Mittelländiſchen Meeres faſt ganz allein zuſammenſetzen. Außer-dem aber ſind die Pflanzen- und Thierformen der Tertiärzeit denen der Jetztwelt ſchon ſehr ähnlich und auch ſchon ſehr deutlich nach Zonen verſchieden, was vorher nicht bemerkbar war.



A Ein Nummulit von außen; B ein Nummulit im Querbruch; C Nummuliten im Geſtein ſitzend und nach der breiten Seite durchbrochen.

Den Schlußſtein des ganzen organiſchen Reiches bildet endlich in der neueſten geologiſchen Periode der Menſch, als die letzte Blüte der Schöpfung und gegenwärtig ihr ſtolzer Beherrſcher. Wie weit nach Jahren ſein Urſprung zurückreiche, iſt nicht bekannt, aber ſicher iſt er älter als die gewöhnliche Geſchichte ihm nachſagt. Wie viel Jahrtauſende mag ſein Geſchlecht exiſtirt haben, ehe es ſich ſo weit entwickelte, um an den Bau von Tempel oder Pyramiden zu denken?

Die Geologie lehrt uns aber zugleich, daß auf der Erde außer den Naturgeſetzen nichts dauernd iſt. Am wenigſten ſind es die or-ganiſchen Einzelformen. Die Arten ſterben ſo gut als die Indivi-duen, und an ihre Stelle treten neue. Selbſt ganze Gattungen und Familien erlöſchen, um unter veränderten Umſtänden neuen Platz zu machen.

Iſt das eine Folge des Alters der Arten, ein Ausleben durch Zeitdauer? Oder iſt es ſtets nur eine Folge von Aenderungen der

äußerlichen Lebensbedingungen auf der Erdoberfläche? — Sei dem wie ihm wolle, in jedem dieſer Fälle läßt ſich von der Zukunft Aehnliches erwarten, wie von der Vergangenheit. Auch die jetzigen Arten werden durch neue, oft höher organiſirte erſetzt werden, und ſelbſt der Menſch kann von dieſem Lauf der Dinge keine Ausnahme beanſpruchen. Auch er hat einen begabtern Nachfolger als Beherrſcher dieſer Erde zu erwarten, der nach ihm das höchſte Glied der organiſchen Entwickelungsreihe ſein wird. In welchem Zeitraum? Das liegt freilich ganz außer den Grenzen unſerer Beurtheilung, die Analogie läßt nur vermuthen, daß es in den nächſten Tauſend Jahrhunderten nicht geſchehen werde.

Anhang.

Die Vorwelt als Kunstquelle.

Die Kunst hat stets ihre Vorbilder aus der Natur entnommen; denn der Mensch ist nicht fähig, ohne bewußtes oder unbewußtes Vorbild etwas ganz Neues zu schaffen, er kann nur das Gegebene auf das Mannigfaltigste combiniren und umgestalten. Selbst die Geschöpfe seiner Fabelwelt bestehen aus Theilen der wirklichen, die mit mehr oder weniger Glück und Geschick zusammengefügt sind. Sinnbildlich sucht er Eigenschaften durch Formen auszudrücken, die in der wirklichen Welt vorzugsweise mit diesen Eigenschaften verbunden sind. Die Kraft des Löwen, die List des Fuchses, die Schnelligkeit der Gazelle, die Flugkraft des Adlers, der gespreizte Stolz des Pfauen, die Entfaltung des Schmetterlings aus der Puppe, die Stämmigkeit der Eiche wie die Beweglichkeit des schwachen Halms werden alle, wie tausend andere Beziehungen natürlicher Wesen, zu symbolischer Darstellung verwendet, einzeln oder in mehrfacher Verbindung. Fabelthiere und Unthiere, Fabelpflanzen und Unpflanzen sind daraus seit uralten Zeiten hervorgegangen und haben neben der wirklichen Welt noch eine eingebildete entstehen lassen.

Ueberall und zu allen Zeiten hat aber die Kunst bis jetzt nur die lebende Schöpfung als Vorbild benutzt, nicht die ausgestorbene, in den Erdschichten begrabene der Vorwelt. Leicht begreiflich, da die Pflanzen und Thiere der früheren Schöpfungsperioden erst in den letzten vier Jahrzehnden mit Eifer ausgegraben, beschrieben und gut abgebildet worden sind.

Nun aber haben sie der Kunstwelt eine neue Stoffquelle eröffnet, deren Reichthum lange unerschöpflich bleiben wird, da es sich nicht um die Ueberreste einer einzigen Periode wie die Gegenwart handelt,

sondern um die stets veränderten Formen, die in einem vielmillionenjährigen Entwickelungsproceſſe des organiſchen Lebens nach und nach auftraten und die Erde bevölkerten, wieder verſchwanden und durch neue erſetzt wurden. Noch hat kein Künſtler verſucht, aus dieſer Quelle zu ſchöpfen, ſeine Muſter oder ſeine Motive der Vorwelt zu entlehnen. Der einzige Verſuch, die foſſile Welt künſtleriſch zu behandeln, liegt uns in Unger's vorweltlichen Landſchaften vor; bei ihnen iſt aber immer noch der Zweck: Belehrung, faßliche Darſtellung ausgeſtorbener Pflanzen in ihrem geſelligen Zuſammenleben, nicht die Kunſt der landſchaftlichen Darſtellung. Warum aber ſollten die Formen der Vorwelt nicht auch Gegenſtand und Mittel der Kunſt als ſolcher werden?

Wenn ihr Künſtler neue Ornamente, Arabesken oder ſymboliſche Geſtalten braucht, dann werden unſere Muſeen und Kupferwerke euch überreichen Stoff darbieten. Das Leben freilich und alles Menſchliche werdet ihr auch künftig ſtets nur nach dem Leben formen können; ſobald ihr aber Wunderbares, Abenteuerliches, Grauſiges oder auch nur Zierliches braucht, dann wollen wir euch von Schicht zu Schicht führen, ihr mögt euch ſelbſt auswählen, was euch gefällt, von den Trilobiten und Orthoceratiten der urälteſten Formationen, oft viele tauſend Fuß tief begraben im Innern der Erde; von den ſchöngeringelten Stämmen der Steinkohlenzeit, von den zierlichen Ammoniten und ſcheußlichen Sauriern der Juraperiode, von den plumpen Pflanzenfreſſern und monſtröſen Cetaceen der Tertiärzeit. Um ſcheinbar Neues zu ſchaffen, braucht ihr nicht mehr die Natur zu entſtellen, den Geſetzen alles organiſchen Lebens widerſprechende Formen zu conſtruiren. Das geht ohnehin nicht lange mehr, wenn die Mehrzahl Menſchen erſt weiß, daß eine endſtändige Blüte nicht unſymmetriſch ſein kann, daß Thiere mit Zehen nie Hörner tragen, daß die Größe der Flügel dem Gewichte des Körpers entſprechen muß; dann werdet ihr mit ſolchen Erfindungen kein Glück mehr machen, dann dürft ihr den Geſetzen der Natur nicht mehr Hohn ſprechen, ſo wenig als ein Dichter es dann noch wagen darf, Salamander und Molche auf dem Grunde des Meeres leben zu laſſen. Aber die Vorwelt bietet auch noch genug neue Formen, um eure Phantaſie zu erfriſchen und neu zu beleben. Was für zierliche Säulenſchäfte müßten die Calamiten, die Lepidodendren und die Sigillarien abgeben? Recht geeignet für

die Vorhalle eines Museums der Natur. Was für wunderbare Arabesken die Asterophyllen, die Crinoideen und die Crioceren? Was für fabelhafte Karyatiden die Saurier und die mächtigen Dickhäuter, die Dinotherien mit ihren nach unten gebogenen Stoßzähnen? Wie symbolisch könntet ihr das Riesenfaulthier der Molassezeit oder den Pterodactylus, diesen Drachen der Vorwelt, verwenden? Und was für allerliebste kleine Zierathe ließen sich nicht aus Echiniten, Trilobiten, Ammoniten und Nummuliten construiren? Würden die zarten Hände der Damen nicht dankbar sein, wenn sie auch einmal so uralte Muster als etwas ganz Neues zu sticken bekämen? Und welch ergiebiges Feld eröffnete sich dem Heraldiker der Zukunft, wenn man in Wappenschilder von jetzt an, statt doppeltgeschwänzter Löwen, auch Belemniten oder Macrocephalen, Plesiosaurier und Hydrarchen aufnähme?

Herr Bergmeister Ramsauer auf dem Rudolphstein bei Hallstatt hat es versucht, die fossilen Bestien in ihrer wirklichen Gestalt zu allerlei Decorationen zu verwenden, und seine Ammoniten und Orthoceratiten fügten sich ganz gehorsam in den Dienst, marmorene Tischplatten zu tragen oder Consolen mit der Wand zu verbinden. So viel ich weiß, sind diese an Hirschgeweihmöbel erinnernde Versuche jetzt in Wien aufgestellt. Aber die starren Steinformen der Natur sind begreiflicherweise nicht so gefügig, als der Künstler ihre Copien behandeln könnte, bei denen es immer wieder erlaubt sein wird, manches Unwesentliche zu ändern oder Verschiedenes zu besonderm Zwecke zu combiniren.

Ihr wendet vielleicht ein: „Hu, das wird eine grausige, gespenstige Formenwelt sein, in der man sich unheimlich fühlt; denn nur Gerippe, Zähne, Schuppen oder Kalkschalen von längst verstorbenen Wesen könnt ihr Geologen uns vorlegen, keine Thiere mit Haut und Haar, keine Pflanzen mit ihrem buntfarbigen Blütenschmucke." — Nun, was davon grausig ist, das mögt ihr verwenden, wo es hingehört, es gibt auch Graziöses genug darunter; was aber die Fleisch- und Blütenlosigkeit anlangt, so eröffnet sie eben eurer Phantasie das reichste Feld der Thätigkeit. Fleisch- und Blütenschmuck lassen sich hinzufügen, wo sie hingehören.

Schlagt nur die Kupferwerke der Geologen auf! Da findet ihr, wie man aus den Einzelknochen ganze Skelette und dann um das Gerippe auch einen Leib construirt hat; wie man aus den Schalen

Photogengaslampe.

der fossilen Cephalopoden ihre sonderbaren Arme hervorragen läßt; wie man nach und nach angefangen hat, auch Wurzeln, Blätter und selbst Blüten zu den fossilen Baumstämmen zu finden. Das Alles mögt ihr verschönern, künstlerischer darstellen, und wenn ihr dabei zuweilen einen Sachverständigen zu Rathe zieht, so braucht ihr nicht nothwendig in den alten Fehler zu fallen, ganz gegen die Gesetze der Natur zu verstoßen. Wir werden euch nicht pedantisch beurtheilen; innerhalb gewisser Grenzen werdet ihr ganz freien Spielraum haben, Thiere und Pflanzen zu formen und zu färben, schon deshalb, weil wir selbst nicht genau wissen, wie es war. Greift also zu, ihr Künstler, greift einmal in die Vorwelt!

Das Vorstehende schrieb ich im Jahre 1853 für einen andern Zweck nieder. Seitdem ist Herr Professor Heuchler mehrfach auf den darin ausgesprochenen Wunsch eingegangen, und diese Beispiele mögen die Ausführbarkeit der Ideen praktisch beweisen.

Zunächst gab Heuchler einer Fruchtschale, welche die Grubenvorstände Freibergs Sr. Königl. Hoheit dem Kronprinzen von Sachsen überreichten, restaurirte Iguanodonten als Füße. Dann entwarf er den Fuß für eine Photogengaslampe, welchen Herr Graf v. Einsiedel auf seinen Hüttenwerken in Metall ausführen ließ, und dessen Abbildung auf der vorhergehenden Seite befindlich ist.

Den Fuß bilden abermals drei Iguanodonten; aus ihren verschlungenen Schweifen sproßt dreitheilig eine Stigmaria hervor, das ist eine Pflanze der Steinkohlenformation, von der man glaubt, daß sie als Wurzelbildung zu den Stämmen von Sigillaria oder Lepidodendron gehört habe. Die Stigmaria umfaßt zwischen sich drei Clymenien, das sind Nautilusarten der Kohlenperiode, und nach oben entwickeln sich aus ihr spiralförmig aufgerollte Blattwedel, einen doppelten Kranz bildend als Basis der Säule. Diese selbst besteht aus dem Stamm eines Lepidodendron aculeatum, also einer der häufigsten Steinkohlenpflanzen, mit sehr zierlichen spiralaufsteigenden rhomboidalen Blattnarben bedeckt. Am Gipfel entwickelt sich aus dem Stamm oder der Säule, den Lampenaufsatz unmittelbar tragend, eine doppelte Krone von abgestumpften lanzettförmigen Blättern, wie sie diesen baumförmigen Lycopodiaceen (nur ohne Abstumpfung) zugehören. Aehnliche Blätter umschließen auch dicht anliegend das untere Ende des Stammes.

So sehen wir denn hier eine zugleich künstlerisch gruppirte Verbindung mehrer vorweltlicher Organismen vor uns, welche alle der Steinkohlenbildungszeit angehören, mit Ausnahme der Eidechsen (Iguanodon), die aus einer neuern, aber doch auch aus einer Kohlenformation herrühren. Das Photogen, welches aus vorweltlichen Pflanzenresten gewonnen wird, strömt da gleichsam aus deren ergänzten Formen hervor, um Millionen Jahre nach ihrer Wachsthumsperiode unsere Nächte zu erleuchten.

Diese Compositionen wurden also bereits plastisch ausgeführt, vielleicht wird einst auch das Portal für ein geologisches Museum noch irgendwo in Stein oder Metall dargestellt, dessen auf dem Titelblatte ersichtlichen Entwurf wir gleichfalls Herrn Professor Heuchler verdanken.

Das ist der Versuch einer Einführung vorweltlicher Formen in die Architectur.

Zwei Saurier als Skelette bewachen den Eingang, ein Ichthyosaurus und ein langhalsiger Plesiosaurus. Hinter ihnen erheben sich als schlanke Säulen drei Hauptpflanzenformen der Steinkohlenzeit: Sigillaria, Lepidodendron und Calamites, welche sich zugleich über ihren Kapitälen zur zierlichen Laibung des Bogens wölben. Die Kapitäle der Säulen bestehen aus Corallen, Trilobiten und Austern (Ostrea Marschii), während Ammoniten als Consolen von den inneren Säulen hervortreten. Im Giebelfeld des Bogens über der Thür ist die gegenwärtige Schöpfungsperiode durch eine in Farben auszuführende Freske repräsentirt, welche den Menschen umgeben von gezähmten Thieren darstellt als Höchstes der Schöpfung. In den beiden Ecken über den Bogen treten Seesterne als Reliefs hervor. Das Bogenfries zeigt unter jedem Bogen einen Pecten und zwischen jedem die Gestalt eines restaurirten Belemniten, auf den Eckpfeilern dagegen die quastenförmigen Kronen von Encriniten. Das Hauptgesims wird durch eine dicht gedrängte Reihe von Isocardien getragen. Auf demselben sitzen die Skelette zweier Eidechsen der Wieldenformation (Iguanodon), über ihnen sind als Reliefs die Skelette der Juradrachen (Pterodactylus) eingefügt. Zwischen denselben eine Rosette, deren Centrum ein vielstrahliger Seestern bildet.

Als Thürbänder sind Farrenwedel benutzt; durch die halbgeöffnete Pforte erblickt man im Innern das Skelett eines Megatherium.

Iſt das nun nicht ein Portal würdig für ein geologiſches Muſeum, und ſo geſchmackvoll und zierlich zugleich, als man nur immer wünſchen kann? — Mögen recht Viele eingehen durch dieſe Pforte, um jene uralte und doch friſche Anregung und Belehrung zu finden für Wiſſenſchaft und für Kunſt!

Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.

Literariſche Anzeige.

Im Verlage des Unterzeichneten iſt erſchienen und in allen Buchhandlungen zu haben:

Quellenkunde.

Lehre von der

Bildung und Auffindung der Quellen.

Aus dem Franzöſiſchen des

Abbé Paramelle.

Mit einem Vorwort von Bernhard Cotta,

Profeſſor an der Bergakademie zu Freiberg.

Preis 2 Thlr.

Der Verfaſſer, welcher in Frankreich durch ſeine Erfolge in der Quellenauffindung großes Aufſehen gemacht hat, ſtützt ſich bei der Aufſtellung ſeiner Theorie nicht blos auf eifrige wiſſenſchaftliche Studien, ſondern auch auf eine fünfundzwanzigjährige, mit glücklichen Reſultaten gekrönte Praxis.

Nach einem kurzen Ueberblick über die Irrthümer, die in dieſer Richtung geherrſcht haben, und einer Widerlegung derſelben, gibt der Verfaſſer eine Definition der nothwendigſten techniſchen Benennungen und die wichtigſten Lehren der Geognoſie und endlich ſein auf dieſe gegründetes Syſtem, womit er ſeinen Zweck zu erreichen denkt. Wir theilen umſtehend das ausführliche Inhaltsverzeichniß mit.

Inhaltsverzeichniss:

Erſtes Kapitel.
Erhöhungen der Erde.

Zweites Kapitel.
Einſenkungen der Erde.

Drittes Kapitel.
Unterſuchung der Höhen.

Viertes Kapitel.
Unterſuchung der Abhänge.

Fünftes Kapitel.
Unterſuchung der Tiefebene.

Sechstes Kapitel.
Unterſuchung der Waſſerläufe.

Siebentes Kapitel.
Innerer Bau der Erde.

Achtes Kapitel.
Ungeſchichtetes Terrain.

Neuntes Kapitel.
Geſchichtetes Terrain.

Zehntes Kapitel
Was man unter dem Worte Quelle verſteht.

Eilftes Kapitel.
Irrige Anſichten über den Urſprung der Quellen.

Zwölftes Kapitel.
Widerlegung der irrigen Anſichten über den Urſprung der Quellen.

Dreizehntes Kapitel.
Der wahre Urſprung der Quellen.

Vierzehntes Kapitel.
Quellenbildung.

Funfzehntes Kapitel.
Linien, welche die Quellen unter der Erde beſchreiben.

Sechszehntes Kapitel.
Punkte, wo man die Bohrlöcher abſenken muß.

Siebzehntes Kapitel.
Mittel, um die Tiefe einer Quelle kennen zu lernen.

Achtzehntes Kapitel.
Mittel, um das Volumen einer Quelle kennen zu lernen.

Neunzehntes Kapitel.
Günſtiges Terrain für die Auffindung der Quellen.

Zwanzigſtes Kapitel.
Ungünſtiges Terrain für die Entdeckung von Quellen.

Einundzwanzigſtes Kapitel.
Vulkaniſcher Boden ungünſtig für Quellen.

Zweiundzwanzigſtes Kapitel.
Zerreiblicher Boden ungünſtig für Quellen.

Dreiundzwanzigſtes Kapitel.
Waſſerarmes Terrain, in Folge ſeiner Lagerung und Zerklüftung.

Vierundzwanzigſtes Kapitel.
Warme und intermittirende Mineralquellen.

Fünfundzwanzigſtes Kapitel.
Auszuführende Arbeiten, um die Quellen zu Tage zu legen.

Sechsundzwanzigſtes Kapitel.
Quellen, die langſam oder gar nicht zum Vorſchein kommen.

Siebenundzwanzigſtes Kapitel.
Mittel, um den Mangel an Quellen zu erſetzen.

Achtundzwanzigſtes Kapitel.
Urſprung und Fortſchritte dieſer Theorie.

Neunundzwanzigſtes Kapitel.
Quellen, die nach dieſer Theorie gefunden wurden.

Dreißigſtes Kapitel.
Aeltere und neuere Methoden, um Quellen aufzufinden.

Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber in Leipzig.